

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

TARCIANE PIRES DE SOUZA

**EFEITO DA ACIDIFICAÇÃO DA ÁGUA DO MAR: UM ESTUDO DE MESOCOSMO
COM A NEMATOFAUNA DE RECIFES DE CORAL**

RECIFE
2016

TARCIANE PIRES DE SOUZA

**EFEITO DA ACIDIFICAÇÃO DA ÁGUA DO MAR: UM ESTUDO DE MESOCOSMO
COM A NEMATOFAUNA DE RECIFES DE CORAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação
em Biologia Animal da Universidade Federal de
Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção
do título de mestre em Biologia Animal.

Orientador: Prof^o. Dr. André Morgado Esteves
Co-orientador: Prof^o. Dr. Paulo J. P. dos Santos

RECIFE
2016

Catálogo na Fonte:
Bibliotecário Bruno Márcio Gouveia, CRB-4/1788

Souza, Tarciane Pires de

Efeito da acidificação da água do mar: um estudo de mesocosmo com a nematofauna de Recifes de Coral / Tarciane Pires de Souza. – Recife: O Autor, 2016.

68 f.: il.

Orientadores: André Morgado Esteves, Paulo J. P. dos Santos
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, 2016.
Inclui referências e apêndices

1. Água do mar – Análise 2. Poluição marinha 3. Nematoda 4. Ecologia dos recifes de coral I. Esteves, André Morgado (orient.) II. Santos, Paulo J. P. dos (coorient.) III. Título.

363.7394

CDD (22.ed.)

UFPE/CB-2017-170

TARCIANE PIRES DE SOUZA

**EFEITO DA ACIDIFICAÇÃO DA ÁGUA DO MAR: UM ESTUDO DE MESOCOSMO
COM A NEMATOFAUNA DE RECIFES DE CORAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Biologia Animal.

Aprovado em: 20/07/2016

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Mônica Lúcia Botter Carvalho
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Tatiana Fabricio Maria
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Giovanni Amadeu de Paiva Santos
Universidade Federal de Pernambuco

Aos meus amados pais, Paulo e Sônia, pelo apoio
e amor incondicional.

A minha inesquecível e amada vó, Hisbela, por
toda dedicação (*in memoriam*).

Aos meus irmãos, Obrigada pelos momentos
alegres.

A minha madrinha pelo companheirismo,
conselhos e carinho,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por toda força, e por ter me guiado até aqui, permitindo viver todos esses momentos.

Aos meus pais Sônia e Paulo, aos meus irmãos, Tyago, Thammyris, Laudicéia e Charles por sempre estarem ao meu lado me apoiando, acreditando e me amando incondicionalmente, serei eternamente grata. E a toda minha família pelo apoio.

Ao meu orientador, tão incentivador, Dr. André Esteves. Obrigada por ter tanta paciência nas horas que mais precisei e por acreditar que conseguiria! Ao meu co-orientador Dr. Paulo Santos por todos os ensinamentos e confiança.

Ao Projeto Coral Vivo pela disponibilidade do sistema de mesocosmo e por todo o apoio logístico.

Aos membros da banca examinadora por aceitarem participar e contribuir na avaliação deste estudo.

As amigas-irmãs Kelly, Malu e Paula, pelo apoio, amizade, por me ouvirem e por entender minha ausência em vários momentos.

Aos meus amados e tão dedicados colegas que fazem o Laboratório de Meiofauna, em especial, Patrícia (Mana) e Ritinha por toda ajuda na identificação dos exemplares, por toda imensa amizade e paciência, além de Alex, Alexandre, Adriane, Cláudio, Djamilla, Juliana, Juliane Iza, Mário, Neidoca, Rafael, Vivi, Valéria, Paulo. Obrigada pelo aprendizado e coletividade, os dias de laboratório foram muito mais leves, produtivos e divertidos.

Ao LABDIN, por me receber tão bem, em especial a Visnu pela confiança, pelos ensinamentos, pelas oportunidades e paciência.

Aos lindos amigos que conquistei no PPGBA, levarei vocês por toda minha vida. A Raissa, Cori, Lira, Juliana, Celina e Ana um agradecimento especial pela amizade especial.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por todo apoio financeiro que viabilizou esta pesquisa e pela concessão da bolsa de mestrado.

“Para alcançar o conhecimento, adicione coisas todos os dias. Para alcançar a sabedoria, elimine coisas todos os dias.”

Lao-Tsé

RESUMO

Ao longo de décadas, a liberação de dióxido de carbono (CO₂), principalmente devido à queima de combustíveis fósseis, aumentou consideravelmente e resultou em um aumento da concentração de CO₂ atmosférico. A rápida absorção de energia térmica e de CO₂ pelos oceanos resultará em uma série de mudanças concomitantes na bioquímica da água do mar, incluindo reduções no pH e estado de saturação de carbonato. A acidificação dos oceanos representa riscos para todos os ecossistemas marinhos, mas já se sabe que os recifes de coral são amplamente reconhecidos como o ecossistema que é mais ameaçado pela acidificação do oceano. Com isso, o presente estudo teve como principal objetivo investigar os efeitos de diferentes níveis de pH da água do mar, sobre a comunidade de Nematoda de fital dos recifes de coral. Para esta avaliação, um experimento de mesocosmo foi conduzido utilizando unidades artificiais de substrato (UAS) colonizadas pela meiofauna de fital. Os fatores avaliados foram o tempo (com 15 e 30 dias de exposição) e os níveis de acidificação: pH controle (água do mar/ambiente sem manipulação) e três níveis de acidificação (reduções no pH ambiente de 0,3, 0,6 e 0,9 unidade). Ao final do experimento, as amostras foram fixadas, lavadas em peneiras geológicas (500 e 45- μ m) e os nematódeos foram identificados a nível de gênero com auxílio de microscópio ótico. Foram identificados 60 gêneros, distribuídos em 7 ordens e 25 famílias. Os resultados mostraram que a estrutura da comunidade sofreu diferenças significativas para os fatores tempo e tratamento, mas não para a interação entre eles. A densidade sofreu diferenças significativas para a interação entre os fatores tempo e tratamento. Já riqueza dos gêneros, sofreu redução entre os tratamentos de pH 7,5 e 7,2. Apenas o gênero *Chromadora* se mostrou mais sensíveis ao experimento, que teve resposta significativa para o fator tempo, com redução de sua densidade. Para os grupos tróficos da comunidade foram encontradas diferenças significativas para os dois fatores e para a interação entre eles, já para o Índice de Diversidade Trófica (IDT) os resultados da ANOVA indicaram que apenas o fator tempo foi significativo. O Índice de Maturidade (IM) não apresentou resultados significativos para nenhum dos fatores. Os resultados apresentados mostraram que os efeitos podem ser complexos, com respostas positivas e negativas, devido à vulnerabilidade diferencial dentro e entre os grupos genéricos de nematódeos mostraram ainda que o funcionamento da comunidade consegue resistir a este tipo de impacto, pelo menos, na escala de variação do pH adotada neste experimento.

Palavras-chave: Mudança climática. Nematoda. Meiofauna. Substrato artificial.

ABSTRACT

The carbon dioxide (CO₂) release, mainly due to burning fossil fuels, increased considerably during the last decades and resulted in an increase in atmospheric CO₂ concentration. The rapid absorption of CO₂ and thermal energy by the oceans will result in a series of concurrent biochemical changes in seawater, including reductions in pH and carbonate saturation state. Despite the increasing risk that ocean acidification will modify benthic communities, great uncertainty remains about how this impact will affect the lower trophic levels, such as members of the meiofauna and of the Nematofauna. A mesocosm experiment was conducted to investigate the effects of water acidification on a phytal Nematofauna community from a coral reef. Community samples collected from the coral reef subtidal zone (Recife de Fora Municipal Marine Park, Porto Seguro, Bahia, Brazil), using artificial substrate units (ASUs), were exposed to a control pH (ambient seawater) and to three levels of seawater acidification (pH reductions of 0.3, 0.6 and 0.9 units below ambient) and collected after 15 and 30 days. The samples were fixed, washed in geological sieves (0.5 and 0.044 mm) and Nematofauna was identified to genus level with the aid of an optical microscope. Sixty genera distributed in 7 orders and 25 families were identified. The results showed that the community structure underwent significant differences for the time and treatment factors, but not for the interaction between them. The density was significantly different for the interaction between time and treatment factors. The richness of the genera suffered a reduction between treatments of pH 7.5 and 7.2. Only the genera *Chromadora* showed to be more sensitive to the experiment, which had a significant response to the time factor, with reduction of its density. For the trophic groups of the community significant differences were found for the two factors and for the interaction among them, for the Index of Trophic Diversity (ITD) the ANOVA results indicated that only the time factor was significant. The Maturity Index (MI) did not present significant results for any of the factors. The results presented showed that the effects can be complex, with positive and negative responses, due to the differential vulnerability within and between the generic groups of nematodes. They also showed that the functioning of the community can resist this type of impact, least on the scale of pH variation adopted in this experiment.

Keywords: Climate change. Nematoda. Meiofauna. Artificial Substrates.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A) Litoral do Brasil mostrando o estado da Bahia, B) Porto Seguro e Arraial d'Ajuda, e C) Parque Municipal Marinho do Recife de Fora.....	20
Figura 2: Fixação das Unidades Artificiais de Substrato (UAS) nas formações de recifes localizados em Recife de Fora (Porto Seguro – BA). A) Primeiro dia de fixação. B) UAS com trinta dias de colonização	21
Figura 3: Visão panorâmica do sistema mesocosmo do Projeto Coral Vivo em Arraial d'Ajuda (Bahia, Brasil).....	22
Figura 4: Tipologia bucal de acordo com Wieser, 1953	24
Figura 5: Níveis de pH nos tanques monitorados durante o período 30 dias exposição.....	26
Figura 6: Abundância relativa das principais famílias encontradas durante o experimento, em porcentagem.....	28
Figura 7: Número de gêneros por família. A categoria OUTRAS representa as famílias Enoplidae, Phanodermatidae, Ironidae, Oxystominidae, Aegialoalaimidae, Desmoscolecidae, Epsilonematidae, Selachnematidae, Aponchiidae, Axonolaimidae, Comesomatidae, Tripyloididae, Monhysteridae	29
Figura 8: Abundância relativa total dos principais gêneros de Nematoda.....	30
Figura 9: Valores médios (intervalos de confiança $\pm 95\%$), da riqueza (número de gêneros) em A, Diversidade de Shannon em B, Equitabilidade de Pielou em C e Densidade em D, nos diferentes níveis de pH (8,1; 7,8; 7,5 e 7,2) e tempos de amostragem (15 e 30 dias).....	32
Figura 10: Densidade média (intervalo de confiança $\pm 95\%$) dos principais gêneros da nematofauna, considerando as amostras retiradas do Campo, os tratamentos com os diferentes níveis de pH e o intervalo de tempo (15 e 30 dias)	36
Figura 11: Ordenação MDS para estrutura da comunidade dos nematódeos. ● (círculo) 8,1, ■ (quadrado) 7,8, ◆ (diamante) 7,5 e ▲ (triângulo) 7,2. Símbolos fechados representam amostras coletadas no 15º dia e símbolos abertos após o 30º dia	38

Figura 12: Análise de ordenação multidimensional (MDS) não-métrica para similaridade Bray-Curtis para a estrutura dos grupos tróficos dos nematódeos. ● (círculo) 8,1, ■ (quadrado) 7,8, ♦ (diamante) 7,5 e ▲ (triângulo) 7,2. Símbolos fechados representam amostras coletadas no 15º dia e símbolos abertos após o 30º dia40

Figura 13: Densidade média (intervalos de confiança $\pm 95\%$) dos grupos tróficos (Wieser 1953), em diferentes níveis de pH (8,1, 7,8, 7,5 e 7,2) e tempos de amostragem (15 e 30 dias)45

Figura 14: Valores médios (intervalos de confiança $\pm 95\%$) do Índice de Diversidade Trófica (IDT) e do Índice de Maturidade (IM) em diferentes níveis de pH (8,1, 7,8, 7,5 e 7,2) e tempos de amostragem (15 e 30 dias)47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipos tróficos de Wieser (1953).....	24
Tabela 2: Condições físicas e químicas da água do mar mantidos nos tanques durante o período de exposição de 30 dias. Valores: médias $\pm$ IC de 95%. – dados ausentes	27
Tabela 3: Resultado da ANOVA para riqueza (número de gêneros), diversidade de Shannon, Equitabilidade de Pielou e Densidade considerando os fatores pH (8,1; 7,8; 7,5 e 7,2) e tempo (15 e 30 dias). Os valores significativos de F ($p < 0,05$) estão destacados em negrito	33
Tabela 4: Resultado da ANOVA dois fatores para densidades dos principais gêneros expostos a diferentes níveis de pH e coletados no 15º e 30º dia de experimento. Os valores significativos de F ($p < 0,05$) estão destacados em negrito	35
Tabela 5: Resultados da PERMANOVA para estrutura da comunidade dos nematódeos exposta a diferentes níveis de pH e coletadas no 15º e 30º dia de experimento. Os valores significativos estão destacados em negrito	39
Tabela 6: Resultados dos testes a posteriori para estrutura da comunidade dos nematódeos entre as concentrações. Os valores significativos estão destacados em negrito	39
Tabela 7: Valores de c-p, grupos tróficos e abundância relativa total para cada um dos gêneros de nematódeos identificados.....	41
Tabela 8: Resultados da PERMANOVA para estrutura trófica dos nematódeos exposta a diferentes níveis de pH e coletadas no 15º dia e símbolos abertos após o 30º dia. Os valores significativos estão destacados em negrito	42
Tabela 9: Resultados dos testes a posteriori para grupos tróficos de nematódeos entre as concentrações em cada tempo (15 d e 30 d). Os valores significativos estão destacados em negrito	42
Tabela 10: Análise de SIMPER mostrando a contribuição de cada grupo trófico para as dissimilaridades entre os níveis de pH para amostras coletadas entre 15 e 30 dias	43

Tabela 11: Resultado da ANOVA para grupos tróficos (Wieser 1953) da comunidade de Nematoda exposta a diferentes níveis de pH e coletados no 15º dia e no 30º dia. Os valores significativos de F ($p<0.05$) estão destacados em negrito44

Tabela 12: Resultado da ANOVA dois fatores para Índice de diversidade trófica (IDT) e para Índice de Maturidade (IM) calculados para comunidade de Nematoda exposta a diferentes níveis de pH e coletados no 15º dia e no 30º dia. Os valores significativos de F ($p<0.05$) estão destacados em negrito.....46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS E HIPÓTESES.....	19
2.1 OBJETIVO GERAL.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2.3 HIPÓTESES	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3.1 ÁREA DE ESTUDO	20
3.2 AMOSTRAGEM.....	21
3.3 PROCEDIMENTO EM LABORATÓRIO	23
3.4 ANÁLISE DE DADOS	25
4. RESULTADOS.....	26
4.1 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS.....	26
4.2 COMPOSIÇÃO DA NEMATOFAUNA	28
4.3 ÍNDICES UNIVARIADOS DA COMUNIDADE	31
4.4 ESTRUTURA DA COMUNIDADE	38
4.5 GRUPOS TRÓFICOS	40
4.6 ÍNDICES TRÓFICOS E ÍNDICE DE MATURIDADE DA COMUNIDADE.....	46
5. DISCUSSÃO.....	48
5.1 COMPOSIÇÃO DA NEMATOFAUNA	48
5.2 FUNCIONAMENTO DA UNIDADE EXPERIMENTAL.....	49
5.3 RESPOSTAS DA DENSIDADE, RIQUEZA, DIVERSIDADE E EQUITABILIDADE AO EXPERIMENTO DE ACIDIFICAÇÃO	49
5.4 RESPOSTAS DA ESTRUTURA DA COMUNIDADE AO EXPERIMENTO DE ACIDIFICAÇÃO	50
5.5 AVALIAÇÃO DOS INDICADORES FUNCIONAIS (TRÓFICOS E IM) DA NEMATOFAUNA NO EXPERIMENTO DE ACIDIFICAÇÃO	51
5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
6. CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS	55
APÊNDICE A – LISTA DE GÊNEROS COLETADOS NAS UNIDADES ARTIFICIAIS DE SUBSTRATO (UAS) DO PARQUE MUNICIPAL MARINHO DO RECIFE DE FORA – PMMRF, PORTO SEGURO, BAHIA, NORDESTE DO BRASIL.....	66

1. INTRODUÇÃO

No mundo, os recifes de coral constituem cerca de 1/6 do litoral e são os habitats de maior diversidade biológica nos oceanos. Eles também têm um papel importante na proteção da orla costeira e suportam uma complexa teia alimentar (Birkeland 1997; Roberts et al. 2002; Castro e Huber 2010; Gutiérrez et al. 2011). No Brasil, os recifes de coral estão entre os ecossistemas marinhos mais proeminentes e se estendem por cerca de 3.000 km, ocorrendo principalmente ao longo da costa tropical, no Nordeste. Os recifes de coral brasileiros se diferenciam fortemente dos encontrados em outras regiões do mundo, sendo os únicos no Atlântico Sul, tendo sua superfície coberta por tapetes de algas e por manchas de zoantídeos (Leão e Dominguez 2000; Maida e Ferreira 1997; Amaral e Jablonski 2005).

Apesar da grande importância ecológica e econômica, os recifes de coral de áreas rasas estão sujeitos a diversos tipos de impactos locais como a sobrepesca, poluição relacionada à agricultura e indústria, turismo e obras de engenharia (Leão e Kikuchi 2005; Davenport e Davenport 2006; Defeo et al. 2009). Somado a estas ameaças, é crescente o número de estudos que vem demonstrando a susceptibilidade destas comunidades às mudanças climáticas globais (Harley et al. 2006; Byrne et al. 2010; Ainsworth et al. 2011; Anthony et al. 2011; Hale et al. 2011).

O sistema climático da Terra apresenta naturalmente uma variedade de escalas temporais, incluindo ciclos sazonais ou alterações em escala multimilenar como as transições do período glacial para o interglacial. Entretanto, ao longo dos últimos séculos, as atividades humanas se tornaram um componente adicional para o sistema climático terrestre (Harley et al. 2006; Feely et al. 2004). As ações climáticas de origem antropogênica são mediadas principalmente pela emissão de gases do efeito estufa (principalmente o CO₂) para a atmosfera. Esses gases aprisionam parte da energia/calor que re-irradiaria para o espaço ajudando a aquecer o planeta (Harley et al. 2006; Feely et al. 2004).

A rápida absorção de energia térmica e de CO₂ pelos oceanos resulta em uma série de mudanças concomitantes na bioquímica da água do mar, incluindo reduções no pH e estado de saturação de carbonato, assim como aumentos de CO₂ dissolvido e íons bicarbonato (Doney 2010): um fenômeno definido como acidificação dos oceanos. Sabine et al. (2004) cita que aproximadamente 30% de todo o CO₂ de origem antropogênica emitido foi absorvido pelos oceanos. As medições (Byrne et al. 2010; Dore et al. 2009) ao longo dos últimos 20 anos têm

demonstrado que o pH da superfície do oceano reduziu em 0,1 unidade de pH em relação aos níveis pré-industriais, o que equivale a um aumento de 26% na acidez do oceano (Doney 2010).

Desde o início da revolução industrial a liberação de dióxido de carbono (CO_2), principalmente devido à queima de combustíveis fósseis, resultou em um aumento da concentração de CO_2 atmosférico de aproximadamente 280 para 390,5 ppm em 2011 (Rhein et al. 2013) e, em alguns lugares, para mais de 400 ppm em 2014 (Feely et al. 2004; IPCC 2014). Entretanto, de acordo com o “Intergovernmental Panel on Climate Change” (IPCC), a captação de CO_2 de origem antropogênica pelos oceanos continuará até 2100 considerando todos os cenários de concentração usados nos modelos. Na atmosfera, o aumento contínuo nas concentrações dos gases do efeito estufa pode alcançar entre 475–1313 ppm no ano de 2100 (IPCC 2014). Consequentemente, estima-se uma diminuição no pH da água superficial oceânica de até 0,4 unidades em 2100 (Caldeira e Wickett 2003; Feely et al. 2004) e de cerca de 0,7 unidades em 2250 (Caldeira e Wickett 2003).

É amplamente aceito que as previsões de redução no pH oceânico e do aquecimento global terão efeitos negativos sobre os organismos bentônicos, devido principalmente às alterações fisiológicas e/ou metabólicas que podem desencadear mudanças no crescimento e sobrevivência (Byrne et al. 2010; Findlay et al. 2010; Anthony et al. 2011; Dissanayake e Ishimatsu 2011; Wood et al. 2011).

A acidificação dos oceanos tem sido mostrada por ter efeitos drásticos sobre organismos macrobênticos (e.g., Dupont et al. 2010; Findlay et al. 2010; Byrne et al. 2013; Fabricius et al. 2014). Experimentos com espécies macrofaunais demonstraram que estes organismos são altamente sensíveis à acidificação dos oceanos, com impactos negativos sobre a sua sobrevivência, calcificação, o crescimento, reprodução, taxas metabólicas, e fisiologia (Bibby et al. 2007; Byrne et al. 2013; Ceballos-Osuna et al. 2013; Cumbo et al. 2013; De'ath et al. 2013; Dupont e Thorndyke 2009; Ellis et al. 2009; Sung et al. 2014).

Estudos sobre os efeitos da acidificação nas comunidades bentônicas têm recebido cada vez mais atenção recentemente. No entanto, a maioria dos estudos para comunidades bentônicas têm-se concentrado sobre a macrofauna ou organismos grandes e visíveis (Hall-Spencer et al. 2008; Widdicombe et al. 2009; Cigliano et al. 2010; Hale et al. 2011; Kroeker et al. 2011; Fabricius et al. 2011, 2014; Christen et al. 2013). Os poucos estudos sobre as comunidades da meiofauna em águas rasas focaram em organismos de sedimentos ou substrato não consolidado

(Kurihara et al. 2007; Dashfield et al. 2008; Widdicombe et al. 2009), e apenas um usou organismos de ambientes de recifes de coral (Sarmiento et al. 2015). Este estudo relata respostas dos nematódeos à acidificação da água do mar, sendo o primeiro a fazer uma avaliação da nematofauna associada a recifes de coral.

A fauna associada aos recifes de coral pode ser subdividida em macro, meio e microfauna. A meiofauna é o conjunto mais abundante que habita o ambiente fital (Giere 2009). O conhecimento da biodiversidade nos ecossistemas marinhos é realmente um requisito importante para a gestão sustentável destes habitats e, a meiofauna em particular, pode ser uma ferramenta de pesquisa fundamental (Moreno et al. 2011). De acordo com Giere (2009), valores de densidade da meiofauna de fital de até 10^6 indivíduos/m² de substrato não são incomuns e, essa comunidade pode corresponder a 10% da biomassa da macrofauna nesses ambientes. Essa comunidade possui ainda distribuição ubíqua e rápido tempo de geração. Essas características conferem à meiofauna vantagens quando comparada com a macrofauna no que diz respeito à coleta em campo e manutenção de experimentos em laboratório (Kennedy e Jacoby 1999).

Usualmente os metazoários dominantes na meiofauna são os Nematoda, tanto em abundância como em biomassa (Heip et al. 1982; Moens e Vincxs 1997; Danovaro et al. 2000; Galeron et al. 2001). Heip et al. (1985) citam que de 80 a 95% dos indivíduos e 50 a 90% da biomassa do meiobentos, frequentemente consiste de nematódeos.

Os Nematódeos meiobentônicos, juntamente com outros animais da meiofauna, desempenham um papel importante no fluxo de energia dos ecossistemas bentônicos servindo de alimento para a macrofauna, peixes e outros organismos (Coull 1988; Giere 2009). Sua importância também está relacionada às suas características ecológicas, como alta abundância, diversidade, tamanho pequeno, ciclos curtos de gerações e taxas metabólicas rápidas, dando à meiofauna várias vantagens sobre as comunidades da macrofauna. Os organismos da meiofauna também são contribuintes vitais ao ecossistema, incluindo a ciclagem de nutrientes e o fornecimento de energia para níveis tróficos superiores (Kennedy e Jacoby 1999; Schratzberger et al. 2000; Austen e Widdicombe 2006; Danovaro et al. 2007; Kramer et al. 2013).

O uso de Nematoda vem sendo indicado, há muito tempo na literatura, para detectar perturbações ambientais. Platt e Warwick (1980) descrevem sua estratégia de reprodução conservativa mostrando populações estáveis, logo as mudanças podem ser mais facilmente registradas. O curto tempo de geração os habilita para rápida resposta. Fácil para coletar,

necessitando de pequenas amostras, o grupo apresenta a sua riqueza de espécies e a sua abundância como ferramentas úteis para o biomonitoramento (Coull e Chandler 1992).

Os Nematoda de acordo com os caracteres morfológicos relacionados com o hábito alimentar ocupam diferentes posições na cadeia trófica bentônica (Heip et al. 1985). Muitas espécies alimentam-se de bactérias, microalgas, detritos e possivelmente matéria orgânica, além de um grande número ter hábito predador, ingerindo outros Nematoda, Oligochaeta, Polychaeta e outros organismos meiofaunísticos (Platt e Warwick 1983; Heip et al. 1985; Medeiros 1989, 1998). O grupo tem a característica de ter o corpo quase transparente permitindo assim a observação das estruturas internas (por exemplo, cavidade bucal, gônadas), que permitem identificar as suas estratégias de vida (Bongers e Bongers 1998; Ferris e Bongers 2006).

A acidificação dos oceanos representa riscos para todos os ecossistemas marinhos, mas os recifes de coral são amplamente reconhecidos como os ecossistemas que mais são ameaçados pela acidificação do oceano (Hoegh-Guldberg et al. 2007; Kleypas e Yates 2009; Fabricius et al. 2011; IPCC 2014; van Hooidonk et al. 2014). Associada à importância econômica e ecológica das comunidades bentônicas e ao risco que as mudanças climáticas podem determinar quanto à modificação dessas comunidades, soma-se a ausência de informações consolidadas sobre seus efeitos na Nematofauna, principalmente em área tropical, como justificativas para o desenvolvimento deste trabalho.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESES

2.1 OBJETIVO GERAL

Este estudo tem como objetivo investigar, experimentalmente, os efeitos de diferentes níveis de pH da água do mar, que podem ser determinados pelas mudanças climáticas globais, sobre os nematódeos que vivem na comunidade de fital dos recifes de coral do Parque Municipal Marinho do Recife de Fora (Porto Seguro – BA).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar os padrões de composição, densidade e riqueza dos nematódeos entre os diferentes níveis de pH da água do mar;
- Avaliar o efeito da acidificação da água do mar nos Índices de Maturidade e Diversidade Trófica dos Nematoda;
- Correlacionar a densidade dos gêneros dominantes aos níveis de acidificação;

2.3 HIPÓTESES

H1 – A densidade dos nematódeos diminui conforme a mudança de pH;

H2 – O aumento da acidificação da água do mar reduz significativamente a riqueza, diversidade e equitabilidade de Nematoda;

H3 – A redução do pH da água do mar altera os índices tróficos;

H4 - O aumento da acidificação da água do mar altera o índice de maturidade (IM) da comunidade.

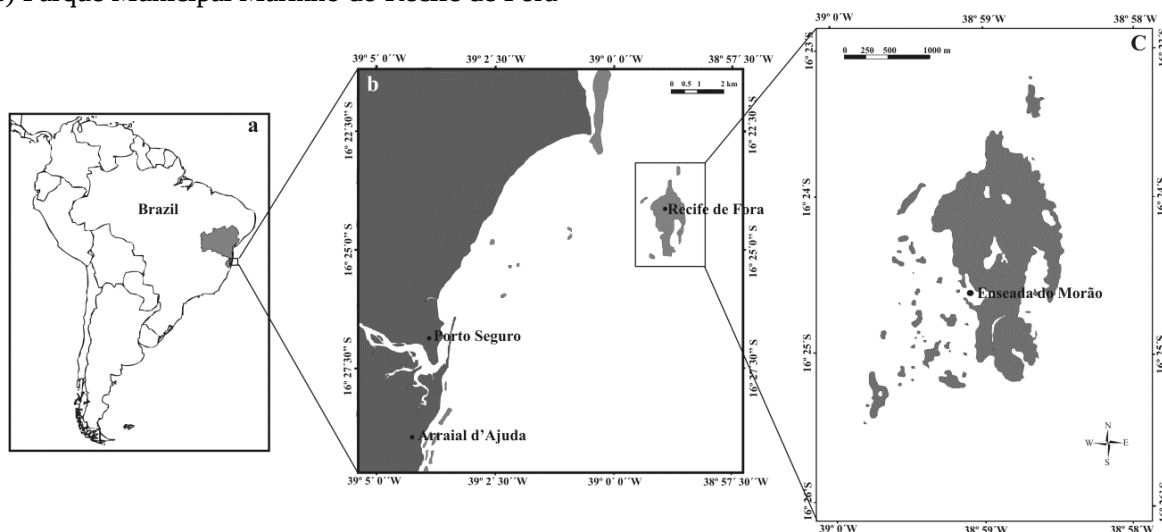
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O Parque Municipal Marinho do Recife de Fora está localizado a aproximadamente 9 quilômetros da costa em frente ao município de Porto Seguro – BA (S 16° 24' 37,3", W 38° 59' 02,2") (Figura 1). O parque é composto por um ecossistema complexo e diverso de recife de corais, onde são encontradas cerca de 13 (treze) das 18 (dezoito) espécies de corais verdadeiros que ocorrem na costa brasileira, dentre estas as principais construtoras dos recifes de corais e endêmicas da costa brasileira (*Mussismilia braziliensis*, *Millepora alcicornis*). O Recife é composto por uma plataforma coralínea com cerca de 2,5 Km² que permanece emersa durante a maré baixa.

O Parque Municipal de Recife de Fora é um local preservado, onde 85,7%, ou seja, 1686,5 hectares, é considerada uma área intangível, o que significa que essa área é utilizada apenas para pesquisas científicas com autorização prévia (Plano emergencial de uso público, Prefeitura de Porto Seguro-BA, Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Porto Seguro, 2011).

Figura 1: A) Litoral do Brasil mostrando o estado da Bahia, B) Porto Seguro e Arraial d'Ajuda, e C) Parque Municipal Marinho do Recife de Fora

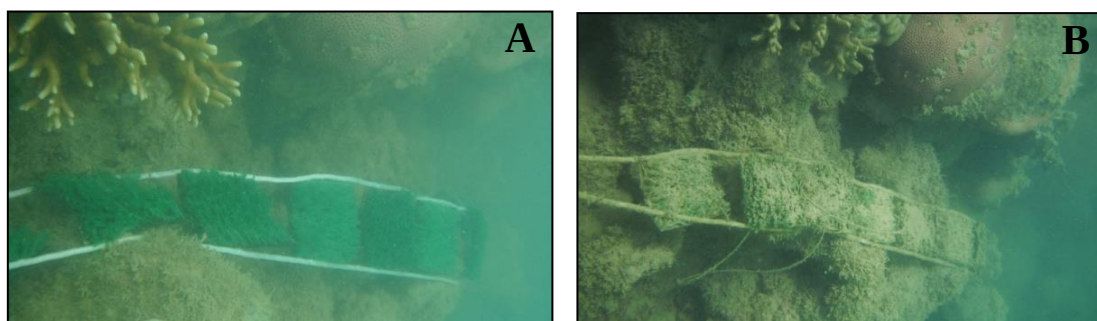


Fonte: Sarmento et al. (2015).

3.2 AMOSTRAGEM

As amostras utilizadas neste trabalho foram obtidas através da colonização de Unidades Artificiais de Substrato (UAS) pela meiofauna de fital (Figura 2). A UAS utilizada foi grama sintética por mimetizar tapetes de algas, além de permitir uma redução na variação das comunidades através de amostras padronizadas (Kelaheer 2003; Matias et al. 2007). Foram fixadas 36 UAS (36 cm² de área) nas laterais de piscinas do recife de coral do Parque Municipal Marinho do Recife de Fora para serem colonizadas pela meiofauna durante 30 dias.

Figura 2: Fixação das Unidades Artificiais de Substrato (UAS) nas formações de recifes localizados em Recife de Fora (Porto Seguro – BA). **A)** Primeiro dia de fixação. **B)** UAS com trinta dias de colonização



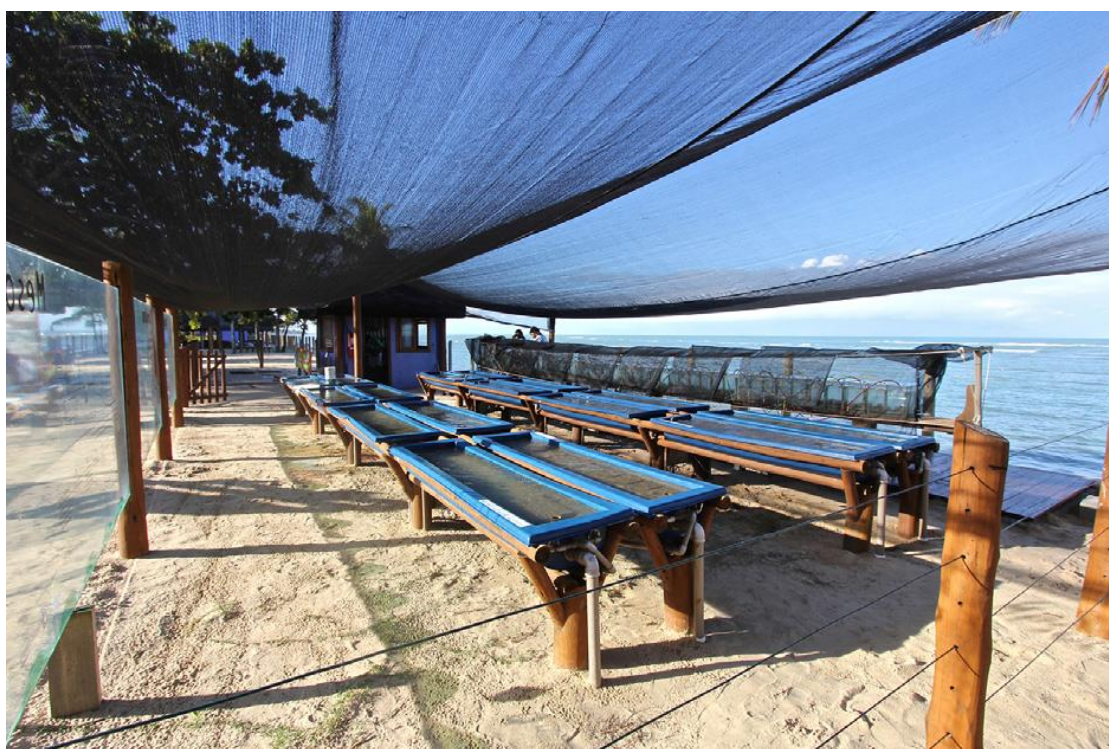
Fonte: O autor (2016).

Após 30 dias de colonização, as UAS foram colocadas em potes plásticos e levadas para o sistema de Mesocosmo Marinho do Projeto Coral Vivo para realização do experimento de acidificação.

Localizado em Arraial d'Ajuda, BA, o mesocosmo consiste de dezesseis tanques com vazão de 13 litros.min⁻¹ que recebem água do mar em fluxo contínuo (Figura 3). Nesse sistema a água do mar é captada a 500 m da costa em uma franja recifal adjacente e é bombeada para 4 cisternas subterrâneas de 5.000 L (cada) com o auxílio de bombas. Em cada cisterna a água recebe um dos quatro tratamentos: controle (mantém a condição ambiental) com pH igual a 8,1, e as reduções de pH: -0,3, -0,6, -0,9, gerando pH de 7,8, 7,5 e 7,2, respectivamente. A redução de pH é realizada através da injeção direta de CO₂. A água de cada uma das cisternas é então enviada para quatro tanques. Dessa forma cada tratamento possui quatro réplicas. O processo de acidificação é controlado através de um sistema computadorizado que permite que os tratamentos (taxa de acidificação) possam seguir variações temporais da água captada (Duarte et

al. 2015). Variações diárias e sazonais são mantidas neste sistema, que recebe chuva, apresenta variações circadianas de temperatura, de pH, de turbidez, de salinidade, da fase e irradiância lunar, de nutrientes e de plâncton, do fotoperíodo, entre outras variáveis bióticas e abióticas. Os tanques recebem iluminação natural atenuada por tela sombrite® 70% atingindo irradiância máxima equivalente a 2,5 m de profundidade no Recife de Fora, Porto Seguro, BA, isto é $250 \mu\text{mol.fótons.m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Figura 3: Visão panorâmica do sistema mesocosmo do Projeto Coral Vivo em Arraial d'Ajuda (Bahia, Brasil)



Fonte: Duarte et al. (2015).

Antes do início do experimento, 4 UAS foram escolhidas aleatoriamente e fixadas com formalina 4% para caracterização da comunidade natural. As amostras de campo não foram utilizadas nas análises estatísticas, mas foram ilustradas nos gráficos. As outras 32 UAS restantes foram utilizadas no experimento de acidificação. Para isto foram colocadas 2 UAS em cada tanque. O experimento teve início no dia 30/10/2012. No dia 14/11/2012, foi realizada a coleta de 1 UAS de cada tanque. Esta data equivale a 15 dias de tratamento. No dia 29/11/12 foi encerrado o experimento e realizada a coleta da segunda UAS de todos os tanques. As amostras

foram fixadas em formoldeído 4% e levadas para o Laboratório de Meiofauna da Universidade Federal de Pernambuco.

3.3 PROCEDIMENTO EM LABORATÓRIO

No laboratório, as amostras de meiofauna foram lavadas com água filtrada sob peneiras geológicas com abertura de malha de 500 e de 45 μm e o material retido na peneira de menor tamanho foi extraído através da separação por gravidade utilizando uma solução de sílica coloidal de densidade específica de 1,18 (Heip et al. 1985). Esse material foi triado com auxílio de uma placa de Dolfus e esteromicroscópio. Os cento e trinta (130) primeiros Nematoda foram retirados da amostra e armazenados em microtubos do tipo Eppendorf com solução I, contendo formaldeído (4%) e glicerina (De Grisse 1969).

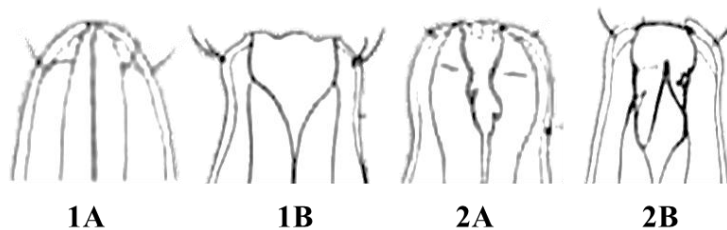
Os Nematoda foram diafanizado passados através de um processo constituído por três soluções (De Grisse 1969). Estas soluções são classificadas como solução I contendo uma parte de glicerina e noventa e nove partes de formaldeído (4%); Solução II com cinco partes de etanol (96%) e 95 partes de glicerina, e finalmente, a solução de III, contendo os mesmos componentes da solução acima mencionada II. No entanto, esta terceira solução contém 50 partes de etanol e 50 partes de glicerina. Este processo de diafanização possibilita melhor observação das estruturas internas. Foram identificados a nível de gênero 100 indivíduos de cada amostra. Para identificação dos indivíduos foi utilizada a chave pictórica de Warwick et al. (1998) e o uso de bibliografia específica.

Os nematódeos foram agrupados em uma das quatro unidades de fornecimento de energia descrita por Wieser (1953) com base na morfologia da cavidade bucal (Figura 4) e estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Tipos tróficos de Wieser (1953)

Tipos Tróficos	Cavidade bucal	Estratégia Alimentar
Grupo 1:	sem armadura	
1A	Reduzida ou ausente	Comedores seletivos de depósitos
1B	Ampla e sem dentes	Comedores não-seletivos de depósito
Grupo 2:	com armadura	
2A	Presença de pequenos dentes	Comedores de epistrato/herbívoros
2B	Ampla com mandíbulas e/ou dentes	Predadores/onívoros

Fonte: Wieser (1953).

Figura 4: Tipologia bucal de acordo com Wieser, 1953

Fonte: Adaptado de Romeyn e Bouwman (1983).

Além da classificação trófica, os nematódeos foram classificados quanto a sua estratégia de vida pelo Índice de Maturidade (Bongers, 1990; Bongers, et al. 1991). A cada gênero foi atribuído um valor em uma escala (valor de c-p), em conformidade a sua capacidade de colonizar ou persistir em um determinado habitat, de "colonizadores" (c; organismos com uma alta tolerância à eventos de perturbação) para "persistentes" (p; baixa tolerância à eventos de perturbação). Assim, o índice é expresso como um valor de c-p, variando de 1 (colonizadores extremos) a 5 (persistentes extremas), que representam características de história de vida associadas a visão de r-estrategistas e K-estrategistas (Bongers e Bongers, 1998; Bongers e Ferris, 1999).

3.4 ANÁLISE DE DADOS

Os dados de densidade foram organizados em tabelas e construídos gráficos de barra e setor para facilitar a visualização dos padrões de composição e abundância. A abundância relativa (%) de cada gênero foi calculada na base de seu percentual em relação à densidade total. Para cada amostra foram calculados densidade (N), riqueza de gêneros (S), diversidade de Shannon (H') em log, e equitabilidade de Pielou (J') para todos as reduções de pH e controle. Posteriormente, as variações dos valores desses índices, assim como para o Índice de Diversidade Trófica (IDT) e para o Índice de Maturidade (IM) foram testadas quanto à significância pela análise de variância (ANOVA) dois fatores, pH e tempo, sendo três os diferentes níveis de redução do pH e dois os tempos de duração do experimento. Para essa análise os dados foram transformados em raiz quadrada. O teste de Fisher LSD *a posteriori* foi aplicado quando existiram diferenças significativas indicadas pela ANOVA.

A partir dos dados de densidade, por táxon de Nematoda e por grupo trófico em cada réplica do experimento, foram obtidas matrizes de similaridades pelo índice de Bray-Curtis. Inicialmente, essas matrizes foram representadas pela análise de ordenação multidimensional (MDS) a fim de se visualizar os possíveis padrões da comunidade de nematódeos e da sua estrutura trófica. A significância dos possíveis padrões foi avaliada por uma análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA). Nessa análise foram utilizados os mesmos fatores e tipo de transformação descritos para a ANOVA com um número de 9999 permutações aleatórias (Anderson 2001; McArdle e Anderson 2001). Comparações pareadas *a posteriori* da PERMANOVA foram feitas quando houve indicação de diferenças significativas. Todos esses procedimentos descritos nesse parágrafo foram realizados a partir das rotinas do aplicativo Primer v6 + PERMANOVA.

O Índice de Diversidade Trófica (Heip et al. 1985) foi calculada como: $IDT = \sum \frac{e^2}{N^2}$, onde e é a contribuição da densidade de cada grupo trófico para a densidade total de nematódeos. O IDT varia entre 0,25 (maior diversidade trófica, ou seja, cada um dos quatro grupos tróficos responde por 25% da densidade dos nematódeos) a 1,0 (menor diversidade trófica, ou seja, um grupo trófico é responsável por 100% da densidade dos nematódeos).

O Índice de Maturidade (IM) foi calculado como $IM = \sum v(i) \times f(i)$, em que $v(i)$ é o valor de c-p do taxon i , $f(i)$ é a frequência desse taxon i na amostra (Bongers, 1990).

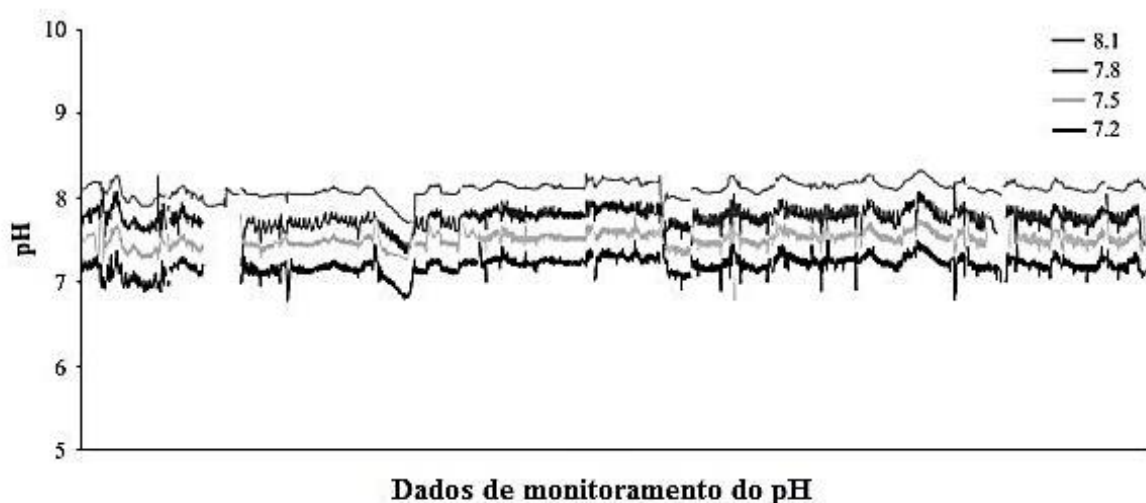
4. RESULTADOS

4.1 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

O valor médio ($\pm$ intervalo de confiança) da precipitação diária total para a região de Porto Seguro em novembro de 2012 foi de 7,49 ($\pm$ 4,27) milímetros. No entanto a precipitação foi inferior ($4,84 \pm 6,26$ milímetros) na primeira quinzena de novembro do que na segunda ($10,14 \pm 5,73$ milímetros). A temperatura média também foi menor na primeira metade do mês (24,65; 24,45 e 24,62 °C) do que na segunda (25,7; 25,5 e 25,65 °C). Este padrão também foi observado para o pH. Em média, os níveis de pH foram menores na primeira metade do mês (8,05; 7,70; 7,48 e 7,19) do que na segunda (8,14; 7,77; 7,54 e 7,23).

As condições químicas e físicas dos tratamentos de pH nominais foram mantidas com sucesso ao longo do período de 30 dias de exposição (Tabela 2, Figura 5). A alcalinidade total da água do mar fornecido ao sistema de mesocosmo foi $2379,14 (\pm 2,85) \mu\text{mol kg}^{-1}$. Os valores de pCO_2 para os tratamentos foram 351,8 (pH 8,1), 939,0 (pH 7,8), 1683,4 (pH 7,5), e 3494,3 μatm (pH 7,2). Os valores Ω_{calcita} e $\Omega_{\text{aragonita}}$ foram, respectivamente, 5,89 e 3,89 (pH 8,1), 2,98 e 1,96 (pH 7,8), 1,86 e 1,23 (pH 7,5), e 0,97 e 0,64 (pH 7,2).

Figura 5: Níveis de pH nos tanques monitorados durante o período 30 dias exposição



Fonte: Sarmiento et al. (2015).

Tabela 2: Condições físicas e químicas da água do mar mantidos nos tanques durante o período de exposição de 30 dias. Valores: médias $\pm$ IC de 95%. – dados ausentes

	Tratamentos			
	8,1	7,8	7,5	7,2
pH	8,10	7,74	7,51	7,21
	$\pm 0,004$	$\pm 0,008$	$\pm 0,006$	$\pm 0,007$
Temperatura (°C)	25,19	25,00	25,16	-
	$\pm 0,03$	$\pm 0,03$	$\pm 0,03$	-
Salinidade	35	35	35	35
	$\pm 0,39$	$\pm 0,41$	$\pm 0,37$	$\pm 0,34$
Luz ($\mu\text{mol.fótons.m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	284,97	296,37	285,46	276,98
	$\pm 41,34$	$\pm 41,51$	$\pm 33,91$	$\pm 39,77$
Nitrato (mg/l)	0,98	0,98	0,88	0,85
	$\pm 0,20$	$\pm 0,15$	$\pm 0,05$	$\pm 0,06$
Fosfato (mg/l)	0,06	0,06	0,06	0,06
	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$

Fonte: Sarmento et al. (2015).

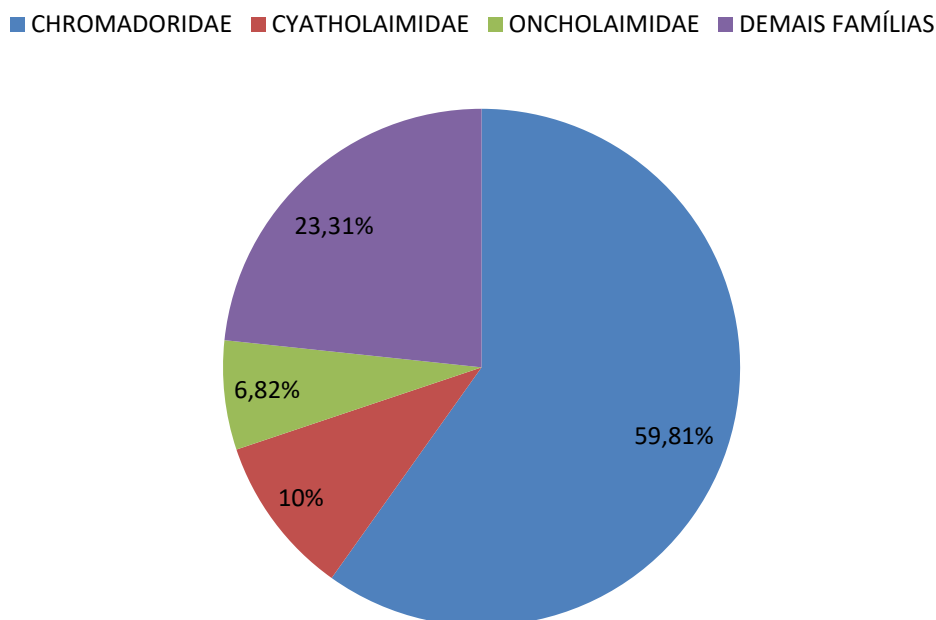
4.2 COMPOSIÇÃO DA NEMATOFAUNA

A Nematofauna foi representada por 60 gêneros distribuídos em 25 famílias, as quais pertencem a sete ordens conforme segue:

- Enoplida, com oito famílias e treze gêneros;
- Desmodorida com cinco famílias e doze gêneros;
- Chromadorida com três famílias e treze gêneros;
- Monhysterida com três famílias e doze gêneros;
- Araeolaimida com três famílias e seis gêneros;
- Plectida com duas famílias e três gêneros;
- Desmoscolecida com uma família e um gênero.

A sinopse taxonômica completa encontra-se no Apêndice A. As famílias mais abundantes do trabalho foram Chromadoridae (59,81%), Cyatholaimidae (10%) e Oncholaimidae (6,82%). As demais famílias representam juntas o restante da abundância relativa (Figura 6).

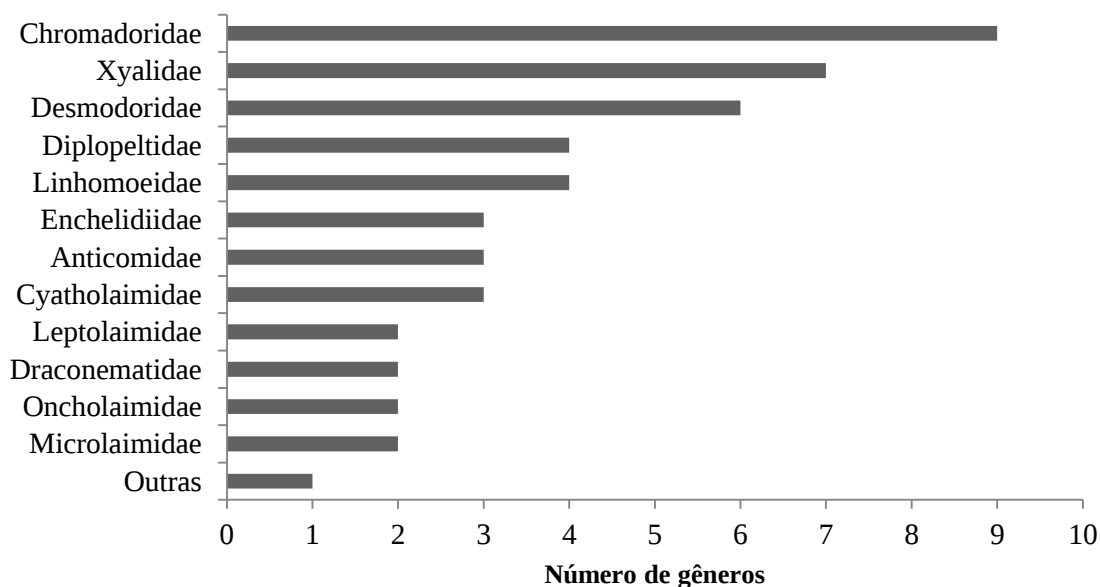
Figura 6: Abundância relativa das principais famílias encontradas durante o experimento, em porcentagem



Fonte: O Autor (2016).

Dentre as famílias de maior riqueza destacou-se Chromadoridae, a qual apresentou nove gêneros (figura 7).

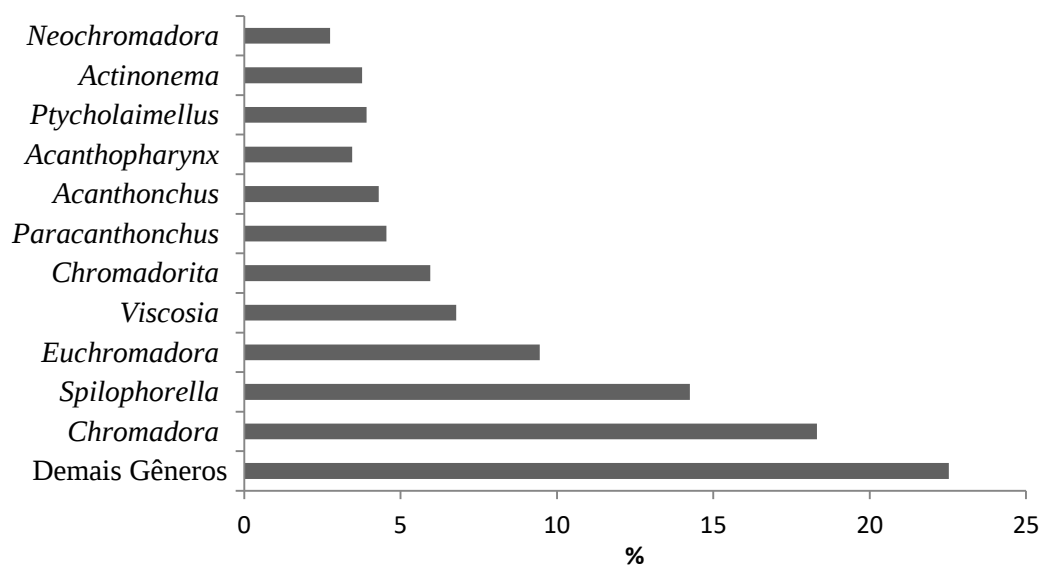
Figura 7: Número de gêneros por família. A categoria OUTRAS representa as famílias Enoplidae, Phanodermatidae, Ironidae, Oxystominidae, Aegialoalaimidae, Desmoscolecidae, Epsilonematidae, Selachnematidae, Aponchiidae, Axonolaimidae, Comesomatidae, Tripyloididae, Monhysteridae



Fonte: O Autor (2016).

Quanto aos gêneros mais abundantes, ocorreu uma dominância dos gêneros *Chromadora* (18,31%), *Spilophorella* (14,26%) e *Euchromadora* (9,45%). Os demais gêneros apresentaram valores muito próximos entre si (Figura 8).

Figura 8: Abundância relativa total dos principais gêneros de Nematoda



Fonte: O Autor (2016).

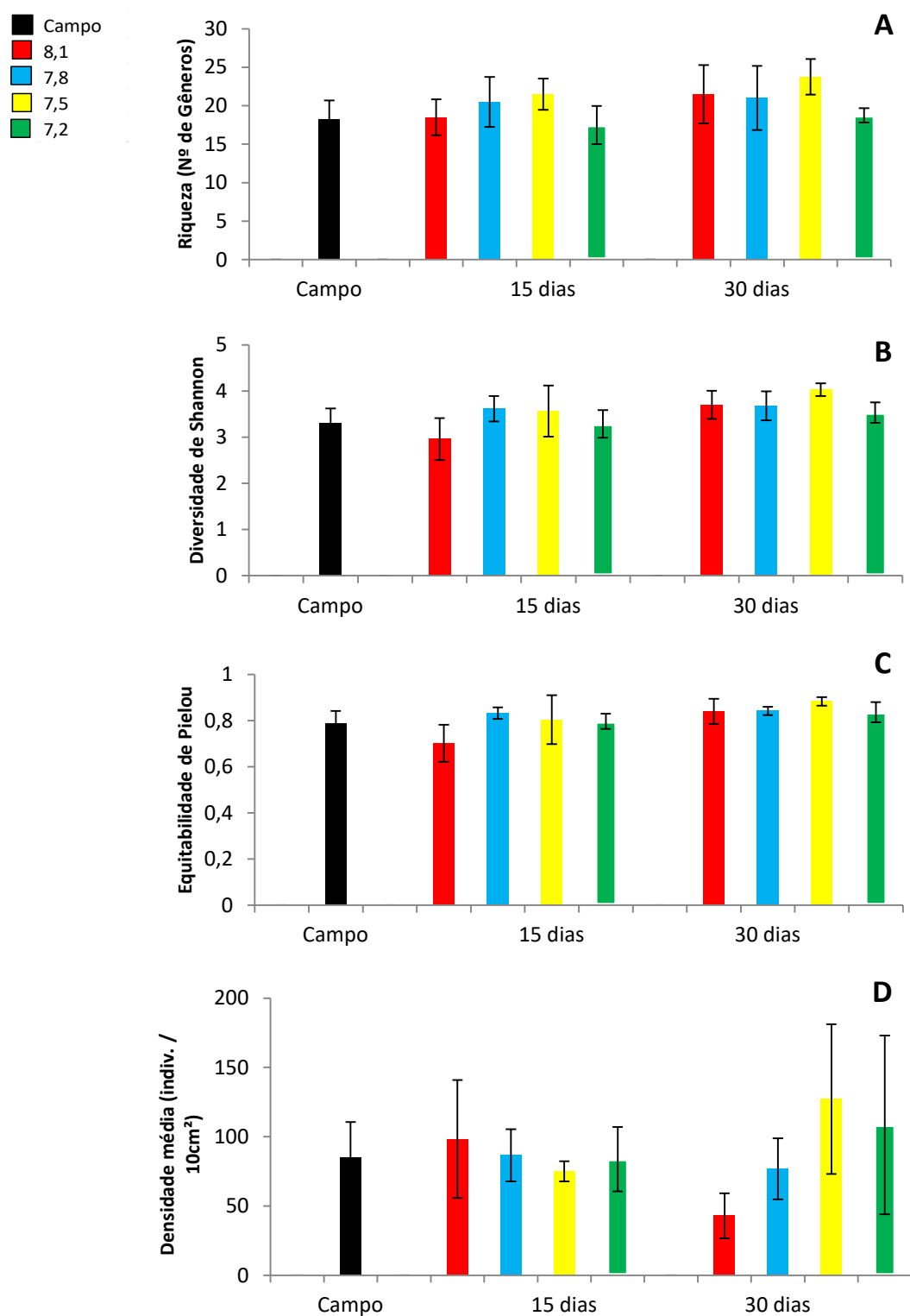
4.3 ÍNDICES UNIVARIADOS DA COMUNIDADE

Considerando a variação de pH, observou-se uma menor riqueza de gêneros no pH 7,2 para os dois tempos de amostragem (Figura 9A). A análise de variância mostrou diferenças significativas apenas entre os tratamentos (Tabela 3). O teste *a posteriori* mostrou que as diferenças significativas foram entre os tratamentos de pH 7,5 e 7,2 ($p < 0,05$).

A diversidade (H') e a equitabilidade (J') não apresentaram variações entre os tratamentos ou amostras controle (Figura 9B e 9C). A análise de variância mostra uma diferença significativa apenas para o fator tempo, em ambos os índices (Tabela 3).

Quanto à densidade, em relação à variação do pH, no primeiro tempo do experimento, houve uma pequena redução quando comparado ao controle. Essa redução foi um pouco maior no pH 7,5 (Figura 9D). Já para 30 dias de experimento, a densidade média total aumenta com o aumento da acidificação até o pH 7,5, e no pH 7,2 houve uma nova queda de densidade, mas permanecendo maior quando comparado ao controle. A ANOVA mostrou diferenças significativas para a interação entre os fatores tempo e tratamento (Tabela 3). O teste *a posteriori* indicou que as diferenças ocorreram entre o controle inicial (15 dias de experimento) e o controle final (30 dias de experimento) ($p=0,02$). Também ocorreram diferenças entre o controle final (30 dias de experimento) e o pH 7,8 do primeiro tempo de experimento (15 dias) (0,04). Ocorreram ainda diferenças entre o controle e o pH 7,5 após 30 dias de experimento (0,002), assim como entre o controle e pH 7,2 do tempo final ($p=0,01$).

Figura 9: Valores médios (intervalos de confiança $\pm 95\%$), da riqueza (número de gêneros) em **A**, Diversidade de Shannon em **B**, Equitabilidade de Pielou em **C** e Densidade em **D**, nos diferentes níveis de pH (8,1; 7,8; 7,5 e 7,2) e tempos de amostragem (15 e 30 dias)



Fonte: O Autor (2016).

Tabela 3: Resultado da ANOVA para riqueza (número de gêneros), diversidade de Shannon, Equitabilidade de Pielou e Densidade considerando os fatores pH (8,1; 7,8; 7,5 e 7,2) e tempo (15 e 30 dias). Os valores significativos de F ($p < 0,05$) estão destacados em negrito

Fator	GL	QM	F	p
Riqueza				
pH	3	0,34	3,19	0,04
Tempo	1	0,29	2,74	0,11
pH x Tempo	3	0,03	0,27	0,85
Residual	24	0,11		
Equitabilidade				
pH	3	<0,01	2,60	0,07
Tempo	1	0,01	10,6	<0,01
pH x Tempo	3	<0,01	1,93	0,15
Residual	24	<0,01		
Diversidade				
pH	3	0,03	2,85	0,06
Tempo	1	0,09	9,24	<0,01
pH x Tempo	3	0,01	1,42	0,26
Residual	24	<0,01		
Densidade				
pH	3	4,73	1,30	0,29
Tempo	1	0,12	0,03	0,86
pH x Tempo	3	11,57	3,19	0,04
Residual	24	3,63		

Fonte: O Autor (2016).

A densidade média dos principais gêneros da nematofauna nos dois períodos de coleta é mostrada na Figura 10. Observou-se uma dominância do gênero *Chromadora* no período de 15 dias, enquanto que *Viscosia* foi mais abundante no período de 30 dias. Para o campo o gênero *Euchromadora* teve maior densidade (Figura 10).

O gênero *Chromadora* sofreu decréscimo de sua densidade com aos dois tempos do experimento tendo uma diminuição com 30 dias de experimento. Para o período de 30 dias, houve um leve aumento de densidade do gênero no pH de 7,2 (Figura 10). A ANOVA mostra essa diferença significativa para o fator tempo (Tabela 4).

Os gêneros *Spilophorella*, *Euchromadora*, *Chromadorita*, *Acanthonchus*, *Actinonema*, *Acanthopharynx* e *Ptycholaimellus* não mostraram diferenças significativas em suas densidades, para nenhum dos fatores (Tabela 4). Na Figura 10 observa-se uma redução na densidade do gênero *Spilophorella* no pH 7,5 para dos primeiros 15 dias de experimento, já para os gêneros *Euchromadora* e *Acanthopharynx* percebe-se uma redução no pH 7,2, para o mesmo tempo de experimento. O gênero *Acanthonchus*, sofreu um aumento no pH 7,2 com 30 dias de experimento.

Os gêneros *Viscosia* e *Paracanthonchus* apresentaram diferenças significativas em suas densidades apenas em relação ao fator tempo (Tabela 4). O gênero *Viscosia* teve sua densidade aumentada no período final do experimento (30 dias). O gênero *Paracanthonchus* teve maior densidade para os primeiros 15 dias de experimento, tendo uma densidade superior no Campo (Figura 10).

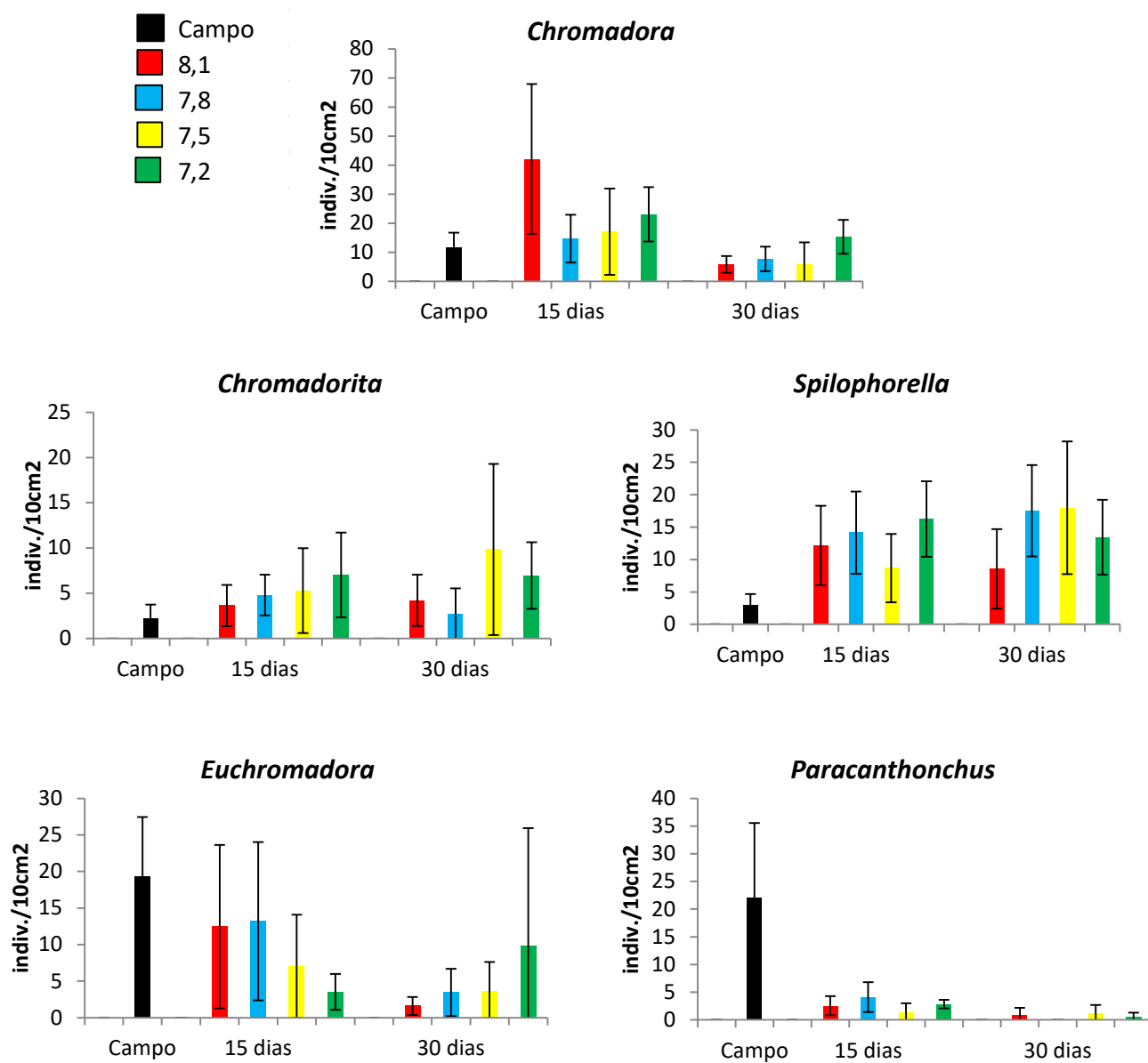
O gênero *Neochromadora* apresentou diferença significativa para o fator tratamento (Tabela 4). O teste *a posteriori* indicou que as diferenças ocorreram entre os tratamentos 7,8 e 7,5 e ainda entre os tratamentos 7,5 e 7,2.

Tabela 4: Resultado da ANOVA dois fatores para densidades dos principais gêneros expostos a diferentes níveis de pH e coletados no 15° e 30° dia de experimento. Os valores significativos de F ($p < 0.05$) estão destacados em negrito

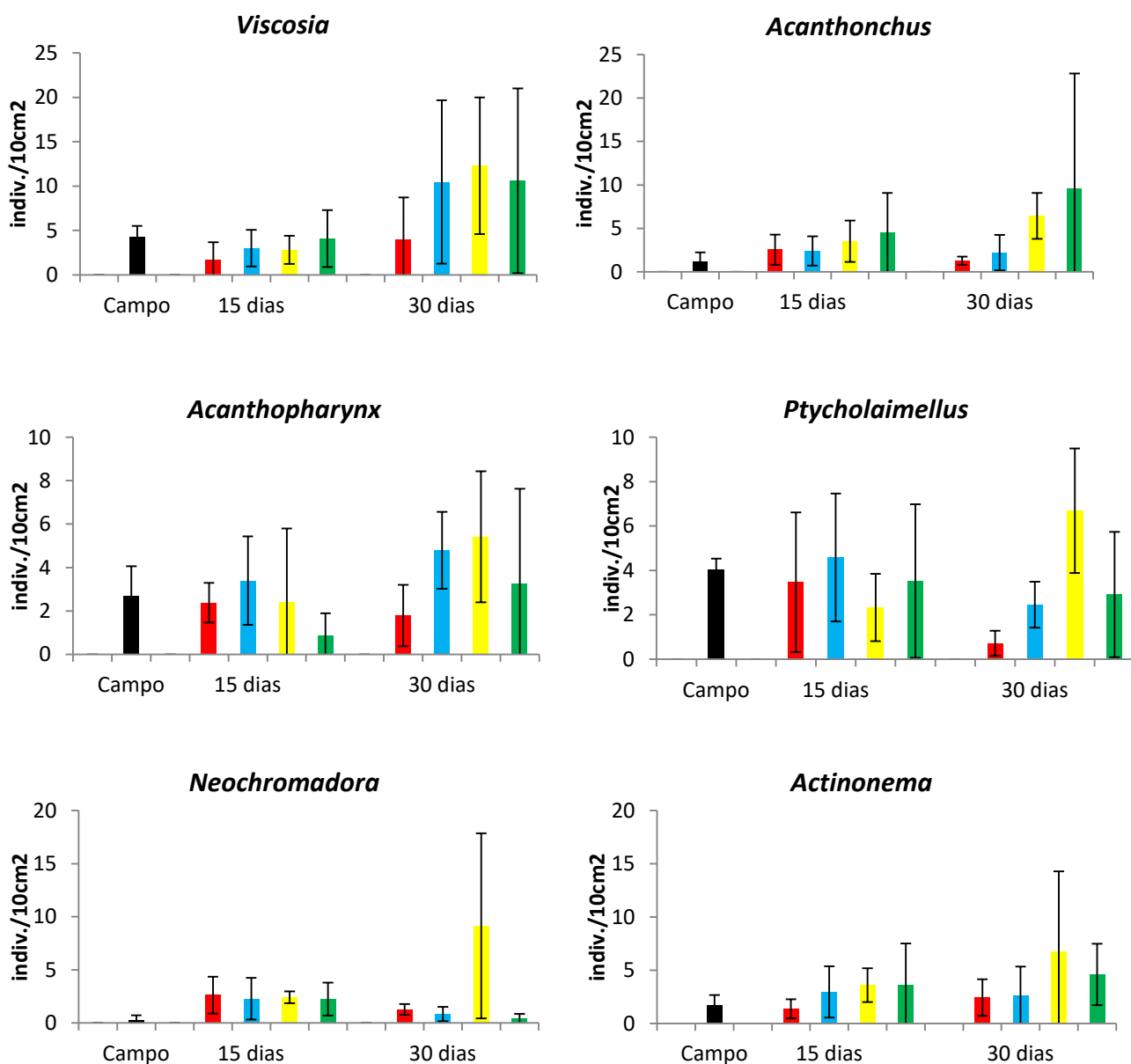
Fator	GL	QM	F	p	QM	F	p
<i>Chromadora</i>					<i>Spilophorella</i>		
pH	3	4,15	2,14	0,12	1,05	1,05	0,39
Tempo	1	28,74	14,83	<0,01	0,22	0,22	0,65
pH x Tempo	3	3,75	1,94	0,15	1,36	1,37	0,28
Residual	24	1,94			0,99		
<i>Euchromadora</i>					<i>Viscosia</i>		
pH	3	0,32	0,14	0,93	1,96	1,55	0,19
Tempo	1	6,18	2,78	0,11	13,60	10,80	<0,01
pH x Tempo	3	2,98	1,34	0,28	0,39	0,32	0,81
Residual	24	2,22			1,26		
<i>Chromadorita</i>					<i>Paracanthochus</i>		
pH	3	1,08	0,81	0,49	0,18	0,39	0,75
Tempo	1	<0,01	<0,01	0,96	7,63	16,48	<0,01
pH x Tempo	3	0,74	0,56	0,64	1,13	2,44	0,09
Residual	24	1,30			0,46		
<i>Acanthonchus</i>					<i>Acanthopharynx</i>		
pH	3	2,06	1,68	0,19	1,39	2,10	0,12
Tempo	1	0,25	0,20	0,66	1,63	2,47	0,13
pH x Tempo	3	0,39	0,32	0,81	0,76	1,16	0,35
Residual	24	1,22			0,66		
<i>Ptycholaimellus</i>					<i>Actinonema</i>		
pH	3	0,96	1,50	0,23	0,98	1,08	0,37
Tempo	1	0,14	0,22	0,64	0,93	1,03	0,32
pH x Tempo	3	1,54	2,42	0,09	0,11	0,12	0,94
Residual	24	0,64			0,90		
<i>Neochromadora</i>							
pH	3	2,16	3,34	0,04			
Tempo	1	0,35	0,55	0,47			
pH x Tempo	3	1,57	2,43	0,09			
Residual	24	0,65					

Fonte: O Autor (2016).

Figura 10: Densidade média (intervalo de confiança $\pm 95\%$) dos principais gêneros da nematofauna, considerando as amostras retiradas do Campo, os tratamentos com os diferentes níveis de pH e o intervalo de tempo (15 e 30 dias)



Continuação. Figura 10: Densidade média (intervalo de confiança $\pm 95\%$) dos principais gêneros da nematofauna, considerando as amostras retiradas do Campo, os tratamentos com os diferentes níveis de pH e o intervalo de tempo (15 e 30 dias)



Fonte: O Autor (2016).

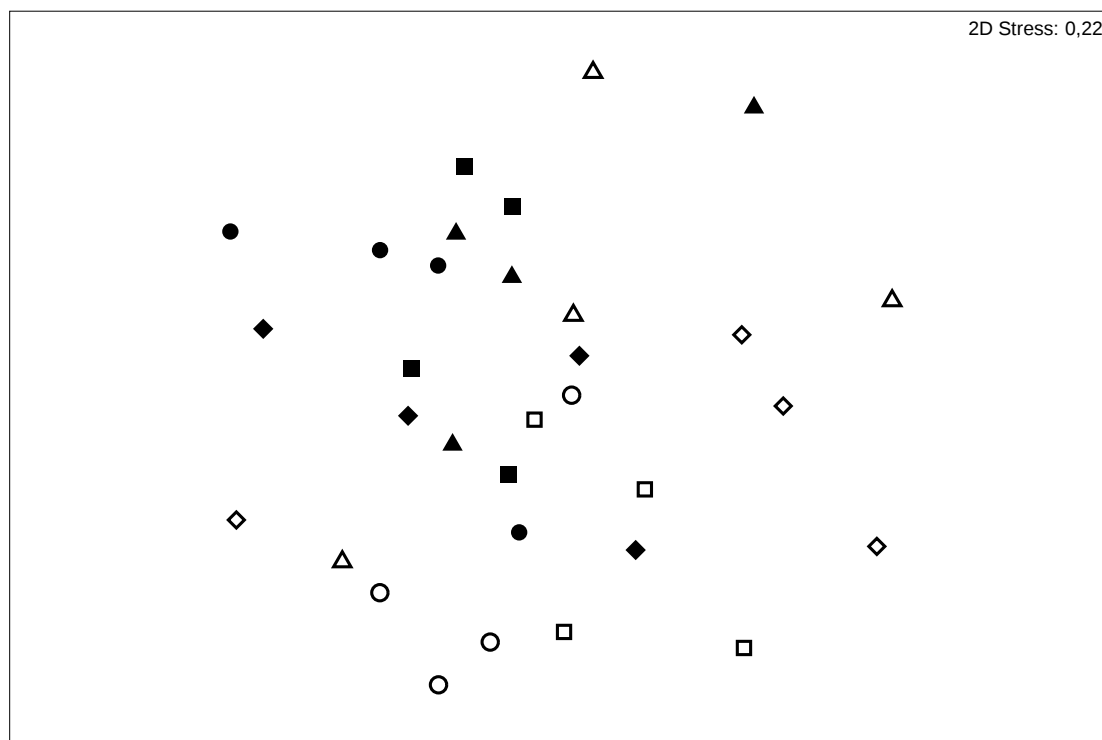
4.4 ESTRUTURA DA COMUNIDADE

A ordenação MDS representando a estrutura da comunidade de nematódeos nos quatro tratamentos de pH e nos dois tempos de amostragem mostrou um padrão evidente de diferenciação entre amostras coletadas após 15 e 30 dias (Figura 11). Para amostras coletadas após 15 dias, não houve um padrão claro de diferenciação. Para as amostras recolhidas após 30 dias de exposição, as amostras do controle (8,1) ficaram afastadas das amostras com pH igual a 7,5 e 7,2.

Os resultados da PERMANOVA mostraram diferenças significativas na estrutura da comunidade dos nematódeos entre amostras retiradas após 15 e 30 dias (fator tempo) e para os tratamentos de acidificação (fator pH). A interação entre os fatores (tempo e tratamentos) não foi significativamente diferente (Tabela 5).

Os testes *a posteriori* mostrou que a diferença significativa para o fator pH ocorreu apenas entre o controle e o pH 7,5 (Tabela 6).

Figura 11: Ordenação MDS para estrutura da comunidade dos nematódeos. ● (círculo) 8,1, ■ (quadrado) 7,8, ◆ (diamante) 7,5 e ▲ (triângulo) 7,2. Símbolos fechados representam amostras coletadas no 15º dia e símbolos abertos após o 30º dia



Fonte: O Autor (2016).

Tabela 5: Resultados da PERMANOVA para estrutura da comunidade dos nematódeos exposta a diferentes níveis de pH e coletadas no 15º e 30º dia de experimento. Os valores significativos estão destacados em negrito

Fator	GL	MS	<i>Pseudo-F</i>	<i>p</i>
Tempo	1	1217,5	1,46	0,04
pH	3	2825,8	3,38	0,001
Tempo x pH	3	806,1	0,96	0,55
Residual	24	836,1		

Fonte: O Autor (2016).

Tabela 6: Resultados dos testes a posteriori para estrutura da comunidade dos nematódeos entre as concentrações. Os valores significativos estão destacados em negrito

Dados pareados		t	p
Controle	7,2	1,10	0,24
Controle	7,5	1,41	0,02
Controle	7,8	1,27	0,11
7,2	7,5	1,21	0,12
7,2	7,8	1,25	0,09
7,5	7,8	0,96	0,53

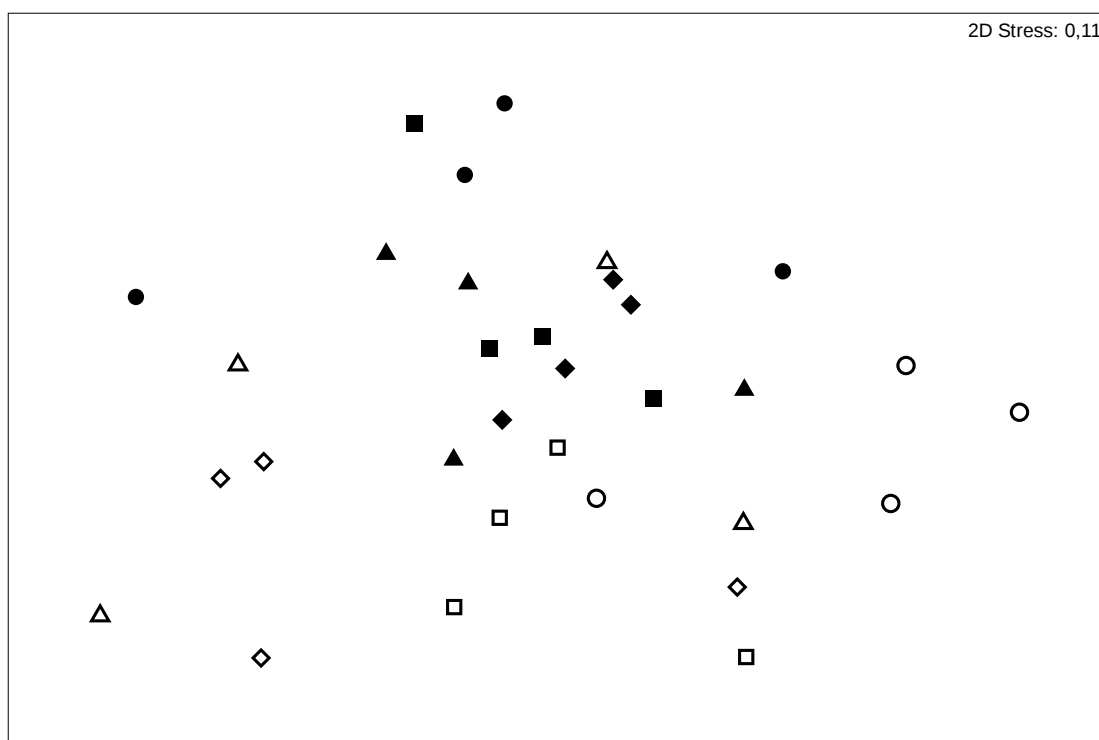
Fonte: O Autor (2016).

4.5 GRUPOS TRÓFICOS

No presente estudo, o grupo trófico dominante foi o dos comedores de epistrato (81%), seguido por predadores/onívoros (12%) e pelos comedores de depósito (não-seletivos com 4% e seletivos com 3%). O tipo trófico, valor de c-p, e a abundância relativa, atribuído a cada um dos gêneros de nematódeos identificados é mostrado na Tabela 7.

A análise MDS mostrou um padrão geral de diferenciação entre amostras coletadas após 15 e 30 dias (Figura 12). Para amostras coletadas após 15 dias, houve um padrão de diferenciação entre o controle e o pH 7,5 e entre o controle e o pH 7,2. Para 30 dias, as amostras do controle tenderam a ficar afastadas dos tratamentos de acidificação (Figura 12).

Figura 12: Análise de ordenação multidimensional (MDS) não-métrica para similaridade Bray-Curtis para a estrutura dos grupos tróficos dos nematódeos. ● (círculo) 8,1, ■ (quadrado) 7,8, ◆ (diamante) 7,5 e ▲ (triângulo) 7,2. Símbolos fechados representam amostras coletadas no 15º dia e símbolos abertos após o 30º dia



Fonte: O Autor (2016).

Tabela 7: Valores de c-p, grupos tróficos e abundância relativa total para cada um dos gêneros de nematódeos identificados

Gênero	Valor c-p	Grupo Trófico	Abundancia relativa (%)	Gênero	Valor c-p	Grupo Trófico	Abundancia relativa (%)
<i>Chromadora</i>	3	2A	18,31	<i>Desmoscolex</i>	4	1A	0,26
<i>Spilophorella</i>	2	2A	14,26	<i>Epsilonema</i>	4	1A	0,24
<i>Euchromadora</i>	3	2A	9,45	<i>Sabatieria</i>	2	1B	0,13
<i>Viscosia</i>	3	2B	6,78	<i>Paranticoma</i>	2	1B	0,07
<i>Chromadorita</i>	3	2A	5,95	<i>Hypodontolaimus</i>	4	1A	0,08
<i>Paracanthonchus</i>	3	2A	4,55	<i>Paradraconema</i>	5	2A	0,06
<i>Acanthonchus</i>	3	2A	4,30	<i>Onchium</i>	2	1B	0,06
<i>Acanthopharynx</i>	3	2A	3,45	<i>Paramonohystera</i>	3	1A	0,06
<i>Ptycholaimellus</i>	4	2A	3,91	<i>Diplopeltula</i>	3	2B	0,07
<i>Actinonema</i>	2	2A	3,77	<i>Halichoanolaimus</i>	4	2B	0,05
<i>Neochromadora</i>	2	2A	2,74	<i>Southerniella</i>	3	2A	0,05
<i>Syringolaimus</i>	4	2A	2,18	<i>Odontanticoma</i>	2	1B	0,05
<i>Calyptronema</i>	4	2B	1,92	<i>Spirobolbolaimus</i>	3	1A	0,05
<i>Microlaimus</i>	3	2A	1,97	<i>Prorhynchonema</i>	2	2A	0,05
<i>Symplocostoma</i>	4	2B	1,58	<i>Parodontophora</i>	3	1B	0,04
<i>Draconema</i>	4	1A	1,56	<i>Oncholaimus</i>	3	2A	0,04
<i>Desmodora</i>	2	2A	1,51	<i>Rhynchonema</i>	2	2B	0,02
<i>Tripyloides</i>	2	2A	1,43	<i>Bolbonema</i>	4	2B	0,03
<i>Parapinnanema</i>	2	1B	1,33	<i>Chromaspirina</i>	4	2A	0,03
<i>Metalinhomoeus</i>	2	2A	1,39	<i>Croconema</i>	3	2A	0,03
<i>Maryllynna</i>	1	1B	1,07	<i>Phanoderma</i>	4	1B	0,02
<i>Thalassomonhystera</i>	2	2A	0,84	<i>Onyx</i>	3	2A	0,00
<i>Cephalanticoma</i>	5	2B	0,83	<i>Synonema</i>	-	2A	0,02
<i>Enoplus</i>	3	2A	0,57	<i>Theristus</i>	2	1B	0,02
<i>Steineria</i>	2	1B	0,58	<i>Daptonema</i>	2	1B	0,02
<i>Halaphonolaimus</i>	3	1A	0,53	<i>Paralinhomoeus</i>	2	1B	0,01
<i>Eurystomina</i>	4	2B	0,42	<i>Aegialolaimus</i>	4	1A	0,01
<i>Diplopeltis</i>	4	1A	0,42	<i>Linhomoeus</i>	2	2A	0,01
<i>Elzalia</i>	2	1B	0,40	<i>Araeolaimus</i>	3	1A	0,00
<i>Halalaimus</i>	3	1B	0,39	<i>Desmolaimus</i>	2	1B	0,00

Fonte: O Autor (2016).

Os resultados da PERMANOVA confirmaram o padrão mostrado no MDS e detectaram diferenças significativas na estrutura dos grupos tróficos dos nematódeos entre amostras coletadas após 15 e 30 dias (fator tempo) e na interação entre os fatores (tempo e tratamento) (Tabela 8).

Os testes *a posteriori* das amostras coletadas após 15 dias de exposição não detectou diferenças significativas entre o controle e os níveis de acidificação, assim como entre os tratamentos (Tabela 9). Para amostras coletadas após 30 dias de exposição foram detectadas diferenças significativas entre o controle e os pH 7,8 e entre o controle e o pH 7,5. Entre os tratamentos não houve diferenças significativas (Tabela 9).

Tabela 8: Resultados da PERMANOVA para estrutura trófica dos nematódeos exposta a diferentes níveis de pH e coletadas no 15º dia e símbolos abertos após o 30º dia. Os valores significativos estão destacados em negrito

Fator	GL	QM	F	P
Tempo	1	750,8	4,6	0,009
pH	3	190,5	1,2	0,314
Tempo x pH	3	410,7	2,5	0,024
Residual	24	161,2		

Fonte: O Autor (2016).

Tabela 9: Resultados dos testes *a posteriori* para grupos tróficos de nematódeos entre as concentrações em cada tempo (15 d e 30 d). Os valores significativos estão destacados em negrito

Tempo	Dados pareados		t	p
15d	Controle	7,8	0,34	0,95
	Controle	7,5	0,87	0,50
	Controle	7,2	0,90	0,51
	7,8	7,5	0,97	0,45
	7,8	7,2	0,63	0,75
	7,5	7,2	1,11	0,31
30d	Controle	7,8	2,23	0,04
	Controle	7,5	2,70	0,02
	Controle	7,2	1,99	0,06
	7,8	7,5	1,07	0,31
	7,8	7,2	0,66	0,70
	7,5	7,2	0,47	0,84

Fonte: O Autor (2016).

As análises de SIMPER mostraram que as semelhanças entre os tratamentos foram maiores após 30 dias (Tabela 10). Comedores de Epistrato (2A) foi o grupo que mais contribuiu para estas diferenças, seguido por predadores/onívoros (2B), comedores não-seletivos de depósito (1B) e detritívoros seletivos (1A). Para amostras coletadas após 30 dias, comedores seletivos (1A) tiveram maior percentual de contribuição do que os oportunistas (1B).

Tabela 10: Análise de SIMPER mostrando a contribuição de cada grupo trófico para as dissimilaridades entre os níveis de pH para amostras coletadas entre 15 e 30 dias

8.1 versus 7.8		8.1 versus 7.5		8.1 versus 7.2	
15 dias					
Dissim. média = 15.53		Dissim. média = 15.80		Dissim. média = 17,99	
	Contrib. %		Contrib. %		Contrib. %
2A	44,43	2A	46,29	2A	39,50
2B	22,69	2B	21,42	2B	27,25
1B	17,03	1B	18,41	1B	17,00
1A	15,85	1A	13,88	1A	16,69
30 dias					
Dissim. média = 19.71		Dissim. média = 21.09		Dissim. média = 26.13	
	Contrib. %		Contrib. %		Contrib. %
2A	34,71	2A	47,87	2A	46,40
2B	30,95	2B	23,50	2B	18,94
1A	18,25	1A	14,69	1A	18,44
1B	16,09	1B	13,94	1B	16,22

Fonte: O Autor (2016).

Os resultados da ANOVA indicaram que os grupos tróficos detritívoros seletivos (1A) e comedores não-seletivos de depósito (1B) não mostraram diferenças significativas para o fator tempo, para o fator tratamento, nem para a interação entre os fatores (Tabela 11). O grupo trófico comedores de epistrato/herbívoros (2A) apresentou diferenças significativas para a interação entre os fatores (tempo e tratamento) (Tabela 11). O grupo trófico 2B (predadores/onívoros) apresentou diferença significativa apenas para o fator tempo (Tabela 11).

Tabela 11: Resultado da ANOVA para grupos tróficos (Wieser 1953) da comunidade de Nematoda exposta a diferentes níveis de pH e coletados no 15º dia e no 30º dia. Os valores significativos de F ($p < 0.05$) estão destacados em negrito

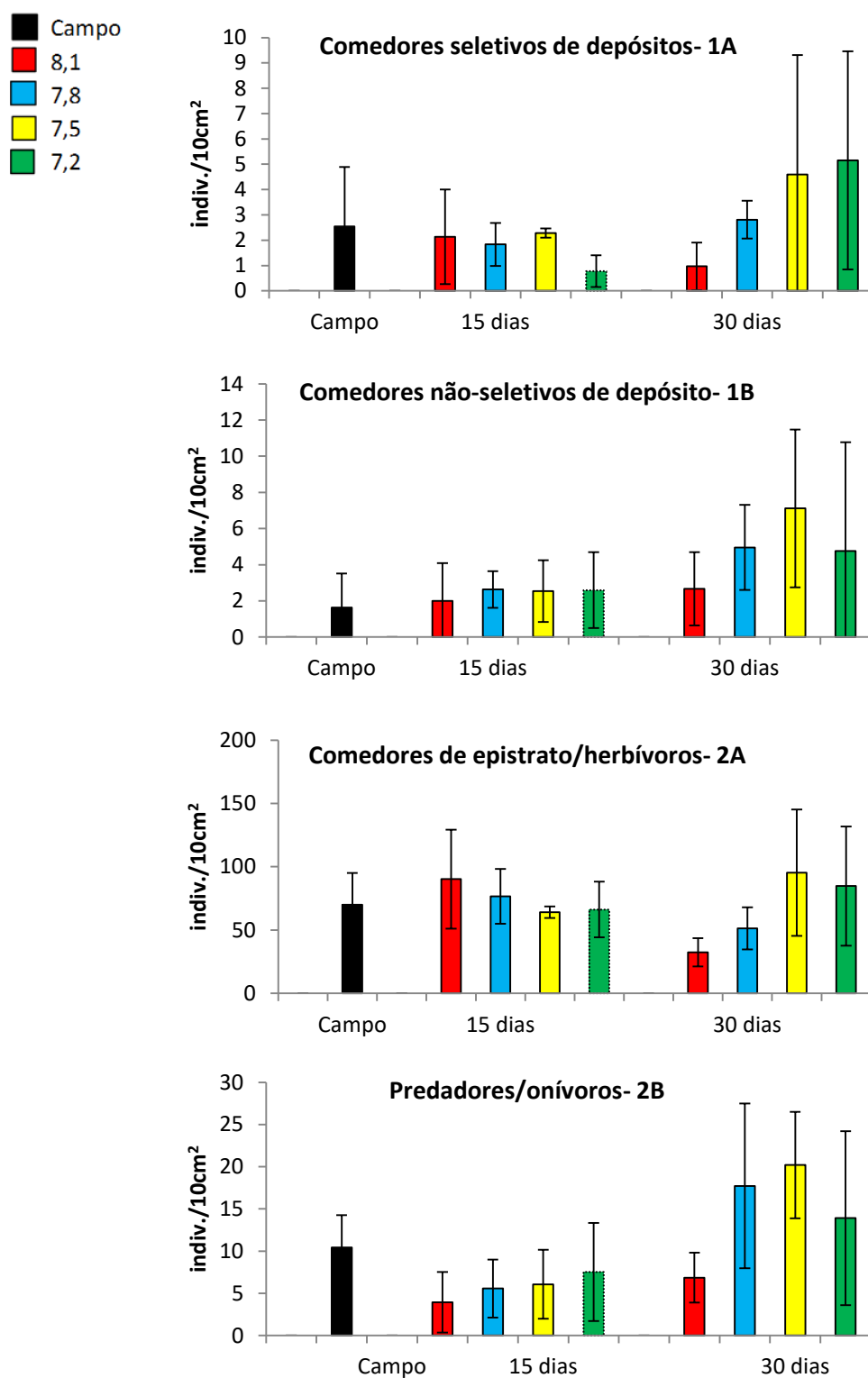
Fator	GL	QM	F	P	QM	F	P
			1A			1B	
pH	3	0,7	1,62	0,21	0,71	1,03	0,39
Tempo	1	1,45	3,38	0,08	2,15	3,15	0,08
pH x Tempo	3	1,05	2,44	0,09	0,33	0,48	0,69
Residual	24	0,43			0,68		
			2A			2B	
pH	3	2,84	0,83	0,48	2,33	2,56	0,08
Tempo	1	5,48	1,62	0,22	13,58	14,91	<0,01
pH x Tempo	3	10,45	3,09	0,04	1,24	1,37	0,27
Residual	24	3,39			0,91		

Fonte: O Autor (2016).

A densidade dos comedores seletivos de depósitos (1A) e dos Comedores não-seletivos de depósito (1B) foi maior, apesar de não ser significativa, no segundo período do experimento (30 dias) e nos tratamentos 7,5 e 7,2 do que nas amostras do controle (Figura 13). Já a densidade dos predadores/onívoros (2B) foi maior no segundo período do experimento (Figura 13).

Os resultados para os comedores de epistrato (2A) indicam que a densidade foi significativamente reduzida no controle do segundo tempo do experimento (Figura 13). O teste *a posteriori* de Fisher LSD mostrou que houve diferenças significativas entre os dois controles (15 e 30 dias) ($p = 0,009$), entre o controle do segundo período do experimento (30 dias) e o pH 7,8 do primeiro período do experimento (15 dias) ($p = 0,02$), entre o controle do segundo período do experimento (30 dias) e o pH 7,5 do segundo período do experimento (30 dias) ($p = 0,008$), entre o controle o segundo período de experimento (30 dias) e o pH 7,2 do primeiro período (15 dias) ($p = 0,04$) e entre o controle do segundo período do experimento (30 dias) e o pH 7,2 segundo período do experimento (30 dias) ($p = 0,02$).

Figura 13: Densidade média (intervalos de confiança $\pm 95\%$) dos grupos tróficos (Wieser 1953), em diferentes níveis de pH (8,1, 7,8, 7,5 e 7,2) e tempos de amostragem (15 e 30 dias)



Fonte: O Autor (2016).

4.6 ÍNDICES TRÓFICOS E ÍNDICE DE MATURIDADE DA COMUNIDADE

Os valores do índice trófico sofreram um pequeno decréscimo após 30 dias de experimento, apresentando o menor valor no pH 7,8 do mesmo período. Já os valores do índice de maturidade se mantiveram contínuos para os tratamentos e para os dois tempos (Figura 16).

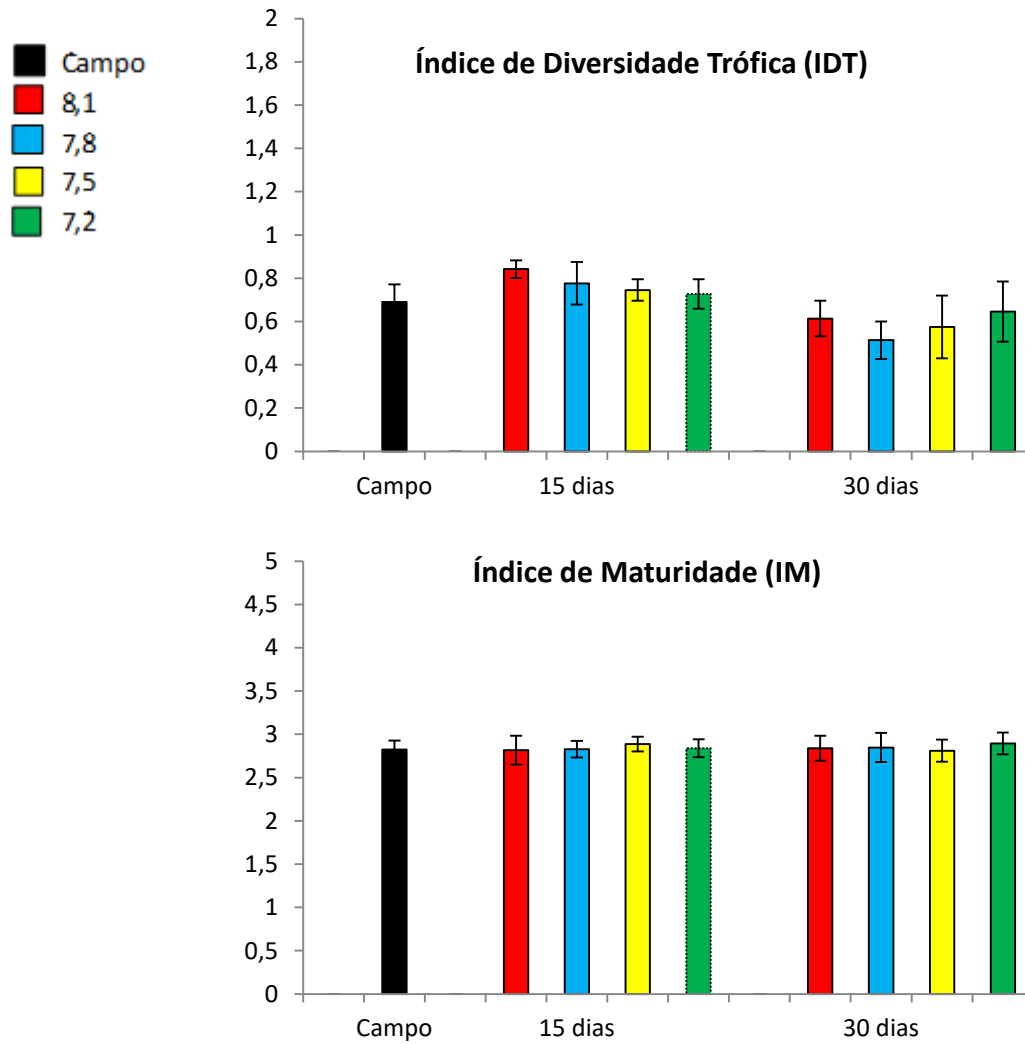
Os resultados da ANOVA dois fatores indicaram que o Índice de Diversidade Trófica (IDT) mostrou variação significativa apenas em relação ao fator tempo, não apresentando diferenças entre os tratamentos de acidificação. O Índice de Maturidade (IM) não apresentou variações significativas para o fator tempo, pH ou para a interação entre fatores (Tabela 12).

Tabela 12: Resultado da ANOVA dois fatores para Índice de diversidade trófica (IDT) e para Índice de Maturidade (IM) calculados para comunidade de Nematoda exposta a diferentes níveis de pH e coletados no 15º dia e no 30º dia. Os valores significativos de F ($p < 0.05$) estão destacados em negrito

Fator	GL	QM	F	P
Índice de Diversidade Trófica (IDT)				
pH	3	<0,01	1,11	0,36
Tempo	1	0,11	28,22	<0,01
pH x Tempo	3	<0,01	1,22	0,32
Residual	24	<0,01		
Índice de Maturidade (IM)				
pH	3	<0,01	0,13	0,94
Tempo	1	<0,01	0,01	0,91
pH x Tempo	3	<0,01	0,36	0,79
Residual	24	<0,01		

Fonte: O Autor (2016).

Figura 14: Valores médios (intervalos de confiança $\pm 95\%$) do Índice de Diversidade Trófica (IDT) e do Índice de Maturidade (IM) em diferentes níveis de pH (8,1, 7,8, 7,5 e 7,2) e tempos de amostragem (15 e 30 dias)



Fonte: O Autor (2016).

5. DISCUSSÃO

5.1 COMPOSIÇÃO DA NEMATOFAUNA

Chromadoridae, Cyatholaimidae e Oncholaimidae foram as famílias mais abundantes, enquanto as famílias mais representativas em relação ao número de gêneros foram Chromadoridae com nove gêneros, Xyalidae com sete gêneros e Desmodoridae com seis gêneros. Venekey et al. (2010) apontaram resultados semelhantes ao estudar alguns habitats, incluindo ambiente de fital, e mostram que as famílias Chromadoridae e Xyalidae tiveram o maior número de gêneros registrados em todos os ambientes, inclusive no ambiente de fital.

As famílias Chromadoridae, Cyatholaimidae, Desmodoridae, Epsilonematidae e Xyalidae foram dominantes no trabalho de Raes et al. (2007), em amostras provenientes de recifes de coral. Por sua vez, a família Chromadoridae foi mais dominante, tendo o gênero *Chromadora* como um dos mais representativos. Esse padrão de resultado se assemelha bastante ao observado no presente trabalho.

Os nematódeos podem apresentar adaptações aos ambientes de recifes de coral, onde o regime hidrodinâmico é intenso. De Jesús-Navarrete (2007) cita que mudanças morfológicas como robustez do corpo, cutícula ornamentada, cápsula cefálica, setas somáticas e espinerete desenvolvido, auxiliam a suportar estresses físicos. Essas características estão presentes em alguns gêneros da família Chromadoridae e da família Xyalidae, o que pode explicar a dominância das famílias. Além disso, o elevado potencial de colonização dos Chromadoridae em substratos artificiais pode ajudar a explicar a alta dominância no trabalho, assim como também foi relatado por Schratzberger et al. (2004a, b), Semprucci et al. (2014) e Meadows et al. (2015).

5.2 FUNCIONAMENTO DA UNIDADE EXPERIMENTAL

O sistema de acidificação foi considerado eficaz, uma vez que manteve os níveis de pH nos tratamentos, apesar das pequenas variações diárias, como é mostrado na Tabela 2. Estas condições foram essenciais para a manutenção da comunidade durante todo o experimento, a fim de conduzir o estudo da acidificação.

As Unidades Artificiais de Substrato (UAS) foram colonizadas por vários organismos, tais como bactérias, microfitobentos e meiofauna. Devido ao pequeno tamanho desses animais e sua alta abundância, a escala do UAS foi um universo de amostragem adequado para detectar efeitos biológicos. As UAS podem ajudar a separar as mudanças causadas por perturbações antropogênicas daquelas decorrentes de variações naturais (Bishop 2005). Além de permitir uma coleta padronizada da comunidade (Mirto e Danovaro 2004; Bishop 2005; Gobin e Warwick 2006), a UAS já provou ser um método eficaz para representar comunidades naturais (Mirto e Danovaro 2004; De Troch et al. 2005).

5.3 RESPOSTAS DA DENSIDADE, RIQUEZA, DIVERSIDADE E EQUITABILIDADE AO EXPERIMENTO DE ACIDIFICAÇÃO

Não houve mudanças significativas da densidade total com o aumento da acidificação para 15 dias de experimento. Resultados similares foram encontrados por Ishida et al. (2005), que fizeram um experimento *in situ* com uma comunidade bentônica de profundidade, e relataram que os nematódeos podem suportar a exposição a curto prazo para níveis extremamente elevados de CO₂ e não encontraram nenhuma redução significativa em abundância de nematódeos após a exposição de quase 16 dias aos níveis de CO₂ de 5000 ppm (~ pH 7). Meadows et al. (2015) quantificaram os efeitos de 60 dias de exposição a água do mar acidificada, num experimento de mesocosmo, sobre a nematofauna de sedimento, e observaram um aumento na abundância em resposta ao baixo pH e ao aumento da temperatura, possivelmente causada pela diminuição da predação e competição por alimentos devido à densidade da macrofauna em declínio. No trabalho de Takeuchi et al. (1997), com a nematofauna proveniente de sedimento, não foi encontrado qualquer impacto significativo sobre a abundância de nematódeos após 7 dias de exposição a um pH de 7 ou 6,2, sendo os nematódeos capazes de suportar a exposição a curto prazo, mesmo em grave acidificação.

Para 30 dias do experimento, houve uma diferença significativa relacionada ao controle e aos pHs mais ácidos, assim como entre os dois controles. Essas modificações ocorreram devido à baixa densidade do controle do segundo período do experimento. Esse padrão também pode ser visto na densidade do grupo trófico 2A, que teve sua densidade diminuída no controle do segundo período do experimento. Essa resposta pode estar relacionada a alguma alteração na competição por recursos alimentares, que pode estar ligada a densidade da macrofauna (Hale et al. 2011; Frontalini et al. 2011; Ingels et al. 2014).

O presente estudo indica que houve diferenças significativas na riqueza de nematódeos, reduzindo o número médio de gêneros, principalmente no tratamento mais ácido. O decréscimo da densidade do gênero *Chromadora* ocorreu com o aumento da acidificação, para os primeiros quinze dias de experimento. Para trinta dias de experimento houve uma redução na densidade total do gênero, mas não entre os tratamentos. A composição de nematódeos mudou significativamente entre os diferentes tratamentos, e foi afetada pela acidificação da água do mar no trabalho de Meadows et al. (2015).

A diversidade e equitabilidade não apresentaram variações entre os tratamentos, havendo, porém, uma diferença significativa para o fator tempo. Widdicombe et al. (2009), em um experimento de mesocosmo com dois tipos diferentes de sedimento, descobriram que a exposição à água do mar acidificada reduziu a diversidade de nematódeos. No entanto, as maiores diferenças foram observadas no pH 5,6 após 20 semanas, e no tipo de sedimento areia/lama.

5.4 RESPOSTAS DA ESTRUTURA DA COMUNIDADE AO EXPERIMENTO DE ACIDIFICAÇÃO

Estudos sobre a nematofauna de áreas rasas indicam ainda que eles toleram a acidificação dos oceanos. Em um experimento de mesocosmo, Dashfield et al. (2008) verificaram que a presença de um ouriço (*Echinocardium cordatum*) foi um fator chave na determinação da resposta da comunidade de nematódeos em sedimentos ao impacto de acidificação (pH 7,5) e sugeriu que qualquer mortalidade da comunidade de nematódeos é improvável que seja diretamente devido a diferenças no pH.

A estrutura da comunidade dos nematódeos neste experimento sofreu diferenças significativas apenas para os dois fatores de forma independente, sendo não significativa para

a interação entre eles. Este resultado corrobora com Widdicombe et al. (2009) que quantificaram os efeitos de curto (2 semanas) e longo prazo (20 semanas) de exposição a água do mar acidificada sobre a comunidade de macrofauna e sobre Nematoda da meiofauna em dois tipos diferentes de sedimentos e também encontram efeitos significativos da acidificação da água do mar na estrutura para ambas as comunidades, tanto em sedimentos lamosos, quanto em sedimentos arenosos (Widdicombe et al. 2009).

5.5 AVALIAÇÃO DOS INDICADORES FUNCIONAIS (TRÓFICOS E IM) DA NEMATOFAUNA NO EXPERIMENTO DE ACIDIFICAÇÃO

Neste trabalho o grupo dos comedores de epistrato (2A) apresentou um grande número de gêneros e de acordo com Warwick (1977) esse resultado é comum para as comunidades de fital. Warwick (1977) mostra, ainda, que os indivíduos do grupo 2A dominam as comunidades no final do verão, quando a intensidade luminosa propicia o crescimento das epífitas de que se alimentam. Isto pode explicar a dominância encontrada, uma vez que as situações de luminosidade em região tropical podem ser similares ou até superiores às daquelas dos meses mais quentes na Grã-Bretanha. Os comedores de epistrato (2A) tiveram uma maior contribuição para a composição trófica devido à grande abundância de família Chromadoridae. Eles foram bem-sucedidos, possivelmente porque têm vantagens sobre os comedores de depósito (1A e 1B) (Tietjen 1991; Raes et al. 2007). Alongi (1986) estudou os tipos de alimentação de nematódeos em diferentes habitats de um recife de coral e sugeriu que os grupos tróficos foram determinados pela estrutura sedimentar, com areia grossa e areia média, e foram numericamente dominados por onívoros/predadores e comedores de epistrato.

Os resultados apresentados neste trabalho mostram que os comedores de epistrato (2A) tiveram sua densidade reduzida no controle para amostras coletadas após 30 dias de experimento. Para o mesmo período, a densidade de 2A foi superior no pH 7,5 e 7,2 do que no controle. Esses resultados indicam uma resistência deste grupo trófico, e que pode ter sido causada, principalmente pelo comportamento dos gêneros *Chromadora*, *Spilophorella*, *Neochromadora*, *Euchromadora*, *Ptycholaimellus* e *Acanthopharynx*.

As UAS usadas podem ter contribuído para o seu sucesso na colonização dos comedores de epistrato (2A). Eles também podem se beneficiar do aumento do biofilme e da abundância de bactérias, dependendo da disponibilidade do alimento. Os oportunistas também

podem alterar a estratégia de alimentação em resposta aos alimentos disponíveis (Moens e Vincx, 1997; Schratzberger et al. 2004a, b; Semprucci et al. 2014).

O IDT e o IM são indicadores do funcionamento do ecossistema; o primeiro com foco na estrutura trófica das associações e o segundo sobre as características da estratégia de vida dos nematódeos. O Índice de Diversidade Trófica é geralmente usado para relacionar a diversidade trófica de nematódeos com níveis de poluição (Heip et al. 1985; Mirto et al. 2002). A proporção relativa de cada um dos quatro grupos alimentares dos nematódeos em uma comunidade em geral, depende da natureza do alimento disponível, que por sua vez é dependente da composição do sedimento (Danovaro e Gambi 2002; Moens e Vincx 1997). Os resultados mostraram que houve uma mudança significativa para este índice apenas com relação ao fator tempo, mostrando um decréscimo nos valores médios ao final de trinta dias de experimento. Esse resultado pode nos mostrar que o IDT foi relativamente mais alto (baixa diversidade trófica) para os primeiros quinze dias de experimento, aumentando sua diversidade trófica aos trinta dias de experimento.

O índice de maturidade (IM) tem mostrado ser útil na investigação de perturbações de conjuntos de nematódeos marinhos para diferentes perturbações (Bongers et al. 1991; Moreno et al. 2011). Neste trabalho o IM não mostrou nenhuma mudança significativa em resposta à acidificação dos oceanos, apesar de que Meadows et al. (2015) sugere que a estrutura da comunidade de nematódeos num pH reduzido e em cenários de temperatura elevada é caracterizada por uma fração maior de colonizadores (comportamento oportunista). Gyedu-Ababio e Baird (2006) citam que os nematódeos com valor de CP igual a dois são considerados oportunistas e capazes de tirar proveito de ambientes perturbados ou poluídos. Os valores CP variaram de um (colonizadores extremos) a cinco (persistentes extremos), e o CP três foi o mais representativo nestes resultados. Este resultado, como para o Índice de Diversidade Trófica (IDT), foi resultado da alta abundância do gênero *Chromadora*, que são comedores de epistrato/herbívoros.

5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Investigar as mudanças na composição das associações de nematódeos é um dos meios mais sensíveis de avaliação de impactos ambientais, referindo-se às mudanças na abundância, diversidade e uniformidade (Schartzberger et al. 2000). Takeuchi et al. (1997), indicaram que a mudança na estrutura da comunidade de nematódeos também é dependente de tolerância específica das espécies. Considerando a importância da nematofauna na cadeia alimentar dos ecossistemas de recifes de coral, os resultados aqui apresentados sugerem que os efeitos podem ser complexos, com respostas positivas e negativas, devido à vulnerabilidade diferencial dentro e entre os grupos genéricos de nematódeos.

Os resultados apresentados neste estudo demonstram que apesar das alterações na estrutura da comunidade, alterações na riqueza e densidade da comunidade de nematódeos, os aspectos funcionais da comunidade (índice de diversidade trófica e o índice de maturidade) não apresentaram diferenças significativas entre o controle e os tratamentos, o que nos leva a perceber que o funcionamento da comunidade consegue resistir a este tipo de impacto, pelo menos, na escala de variação do pH adotada nesse experimento.

6 CONCLUSÕES

1. A composição da nematofauna apresentou padrões de composição similar aos de outros estudos realizados em ambientes semelhantes.
2. A riqueza (número de gêneros) sofreu uma redução, significativa, no tratamento mais ácido. Isso comprovou a hipótese relacionada à riqueza.
3. A diversidade e equitabilidade não sofreram variações significativas relacionadas às mudanças de pH, o que faz a hipótese inicial relacionada a esses fatores ser rejeitada.
4. Para densidade total, não houve decréscimo com o aumento da acidificação, rejeitando a hipótese proposta. No entanto, alguns gêneros se mostraram menos resistentes às modificações de pH, ao longo do tempo, em suas densidades, nos dando uma resposta específica para cada gênero.
5. A estrutura dos grupos tróficos apresentou um padrão de composição já conhecido na literatura para as comunidades de fital e, não foi observado uma alteração significativa nas densidades médias dos grupos tróficos.
6. O índice de diversidade trófica mostrou variação significativa apenas em função do tempo do experimento, o que comprova apenas parcialmente a hipótese testada.
7. O índice de maturidade mostrou que não houve modificações na estratégia de vida dos nematódeos, com as modificações de pH, resultado que rejeita a hipótese testada.

REFERÊNCIAS

- Ainsworth, C. H.; Samhouri, J. F.; Busch, D. S.; Cheung, W. W. L.; Dunne, J.; Okey, T. A. 2011. Potential impacts of climate change on Northeast Pacific marine foodwebs and fisheries. – *ICES J. Mar. Sci.* 68: 1217 – 1229.
- Alongi, D. M. 1986. Population structure and trophic composition of the free-living Nematodes inhabiting carbonate sands of Davis Reef, Great Barrier Reef, Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 37, 609–619.
- Amaral, A. C. Z.; Jablonski, S. 2005. Conservação da biodiversidade marinha e costeira no Brasil. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1.
- Anderson, M. J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. – *Austral Ecol.* 26: 32 – 46.
- Anthony, K. R. N.; Maynard, J. A.; Diaz-Pulido, G.; Mumby, P. J.; Marshall, P. A.; Cao, L. Hoegh-Guldberg, O. 2011. Ocean acidification and warming will lower coral reef resilience. – *Glob. Change Biol.* 17: 1798 – 1808.
- Austen, M. C.; Widdicombe, S. 2006. Comparison of the response of meio- and macrobenthos to disturbance and organic enrichment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 330, 96–104.
- Bibby, R.; Cleall-Harding, P.; Rundle, S.; Widdicombe, S.; Spicer, J. 2007. Ocean acidification disrupts induced defences in the intertidal gastropod *Littorina littorea*. *Biol Lett* 3:699 –701.
- Birkeland, C. 1997. Life and death of coral reefs. Chapman and Hall, New York.
- Bishop, M. J. 2005. Artificial sampling units: a tool for increasing the sensitivity of tests for impact in soft sediments. *Environ. – Monit. Assess.* 107: 203 – 220.
- Bongers, T. 1990. The Maturity Index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83, 14L 19.

- Bongers, T.; Alkemade, R.; Yeates, G. W. 1991. Interpretation of disturbance-induced maturity decrease in marine nematode assemblages by means of the Maturity Index. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 76, 135–142.
- Bongers, T.; Bongers, M. 1998. Functional diversity of nematodes. *Appl. Soil Ecol.* 10, 239–251.
- Bongers, T.; Ferris, H. 1999. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends Ecol. Evol.* 14, 224–228.
- Byrne, M.; Soares, N. A.; Ho, M. A.; McElroy, D.; Selvakumaraswamy, P.; Dworjanyn, S. A.; Davis, A. R. 2010. Fertilization in a suite of coastal marine invertebrates from SE Australia is robust to near-future ocean warming and acidification. – *Mar. Biol.* 157:2061 – 2069.
- Byrne, M.; Lamare, M.; Winter, D.; Dworjanyn, S. A.; Uthicke, S. 2013. The stunting effect of a high CO₂ ocean on calcification and development in sea urchin larvae, a synthesis from the tropics to the poles. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 368:20120439.
- Caldeira, K.; Wickett, M. 2003. Anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature* 425:365.
- Castro, P.; Huber, M. E. 2010. *Marine Biology*, 8th edn. The McGraw-Hill Companies, New York.
- Ceballos-Osuna, L.; Carter, H. A.; Miller, N. A.; Stillman, J. H. 2013. Effects of ocean acidification on early life-history stages of the intertidal porcelain crab *Petrolisthes cinctipes*. *J Exp Biol* 216:1405-1411.
- Christen, N.; Calosi, P.; McNeill, C. L.; Widdicombe, S. 2013. Structural and functional vulnerability to elevated pCO₂ in marine benthic communities. *Mar Biol* 160:2113–2128.
- Cigliano, M.; Gambi, M. C.; Rodolfo-Metalpa, R.; Patti, F. P.; Hall-Spencer, J. M. 2010. Effects of ocean acidification on invertebrate settlement at volcanic CO₂ vents. *Mar Biol* 157:2489–2502.
- Coull, B. C. 1988. Ecology of the marine meiofauna. – In: Higgins RP, Thiel H (eds), *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian Institution Press, Washington, pp 18 – 38.

- Coull, B. C.; Chandler, T. 1992. Pollution and meiofauna: field, laboratory and mesocosm studies. *Oceanography and Marine Annual Review*, v. 30, p 191-271.
- Cumbo, V. R.; Fan, T. Y.; Edmunds, P. J. 2013. Effects of exposure duration on the response of *Pocillopora damicornis* larvae to elevated temperature and high pCO₂. *J Exp Mar Bio Ecol* 439:100–107.
- Danovaro, R.; Tselepides, A.; Otegui, A.; Croce, N. D. 2000. Dynamics of meiofaunal assemblages on the continental shelf and deep-sea sediments of the Cretan Sea (NE Mediterranean): relationships with seasonal changes in food supply. *Progress in Oceanography* v. 46, p. 367-400.
- Danovaro, R.; Gambi, C. 2002. Biodiversity and trophic structure of nematode assemblages in seagrass systems: evidence for a coupling with changes in food availability. *Mar. Biol.* 141, 667–677.
- Danovaro, R.; Scopa, M.; Gambi, C.; Franschetti, S. 2007. Trophic importance of subtidal metazoan meiofauna: evidence from in situ exclusion experiments on soft and rocky substrates. *Mar Biol* 152:339–350.
- Dashfield, S. L.; Somerfield, P. J.; Widdicombe, S.; Austen, M. C.; Nimmo, M. 2008. Impacts of ocean acidification and burrowing urchins on within-sediment pH profiles and subtidal nematode communities. *J Exp Mar Bio Ecol* 365:46–52.
- Davenport, J.; Davenport, J. L. 2006. The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: A review. – *Estuar. Coast Shelf Sci.* 67: 280 –292.
- Defeo, O.; McLachlan, A.; Schoeman, D. S.; Schlacher, T. A.; Dugan, J.; Jones, A.; Lastra, M.; Scapin, F. 2009. Threats to sandy beach ecosystems: A review. – *Estuar. Coast Shelf Sci.* 81: 1 – 12.
- De Grisse, A. T. 1969. Redescription ou modification de quelques techniques utilisés dans l'étude des nématodes phytoparasitaires. *Meded. Rijksfakulteit Landbouwwetenschappen Gent*, 34: 251-369.
- De Jesús-Navarrete, A. 2007. Nematodos de los arrecifes de Isla Mujeres y Banco Chinchorro, Quintana Roo, México. *Rev. Biol. Mar.Oceanogr.* 42, 193-200.

- De Troch, M.; Vandepitte, L.; Raes, M.; Suárez-Morales, E.; Vincx, M. 2005. A field colonization experiment with meiofauna and seagrass mimics: effect of time, distance and leaf surface area. *Mar Biol* 148:73–86.
- De'ath, G.; Fabricius, K.; Lough, J. 2013. Yes – Coral calcification rates have decreased in the last twenty-five years! *Mar Geol* 346:400–402.
- Dissanayake, A.; Ishimatsu, A. 2011. Synergistic effects of elevated CO₂ and temperature on the metabolic scope and activity in a shallow-water coastal decapods (*Metapenaeus joyneri*; Crustacea: Penaeidae). *Journal of Marine Science* 68: 1147 – 1154.
- Doney, S. C. 2010. The growing human footprint on coastal and open-ocean biogeochemistry. *Science* 328, 1512–1516. (doi:10.1126/science.1185198).
- Dore, J. E.; Lukas, R.; Sadler, D. W.; Church, M. J.; Karl, D. M. 2009. Physical and biogeochemical modulation of ocean acidification in the central North Pacific. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 106, 12 235–12 240. (doi:10. 1073/pnas.0906044106).
- Duarte, G.; Calderon, E. N.; Pereira, C. M.; Marangoni, L. F. B.; Santos, H. F.; Peixoto, R. S.; Bianchini, A.; Castro, C. B. 2015. A novel marine mesocosm facility to study global warming, water quality, and ocean acidification. *Ecology and Evolution* 10.1002/ece3.1670.
- Dupont, S.; Dorey, N.; Thorndyke, M. C. 2010. What meta-analysis can tell us about vulnerability of marine biodiversity to ocean acidification? *Estuar Coast Shelf Sci* 89:182–185.
- Dupont S.; Thorndyke, M. C. 2009. Impact of CO₂-driven ocean acidification on invertebrates early life-history – What we know, what we need to know and what we can do. *Biogeosci Discuss* 6:3109–3131.
- Ellis, R. P.; Bersey, J.; Rundle, S. D.; Hall-Spencer, J. M.; Spicer, J. I. 2009. Subtle but significant effects of CO₂ acidified seawater on embryos of the intertidal snail, *Littorina obtusata*. *Aquat Biol* 5:41–48

- Fabrizius, K. E.; De'ath, G.; Noonan, S.; Uthicke, S. 2014. Ecological effects of ocean acidification and habitat complexity on reef-associated macroinvertebrate communities. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 281:20132479.
- Fabrizius, K. E.; Langdon, C.; Uthicke, S.; Humphrey, C.; Noonan, S.; De'ath, G.; Okazaki, R.; Muehllehner, N.; Glas, M. S.; Lough, J. M. 2011. Losers and winners in coral reefs acclimatized to elevated carbon dioxide concentrations. *Nat Clim Chang* 1:165–169.
- Feely, R. A. 2004. Impact of anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ system in the oceans. *Science* 305:362–366.
- Ferris, H.; Bongers, T. 2006. Nematode indicators of organic enrichment. *J. Nematol.* 38, 3–12.
- Findlay, H. S.; Kendall, M. A.; Spicer, J. I.; Widdicombe, S. 2010. Post-larval development of two intertidal barnacles at elevated CO₂ and temperature. *Mar Biol* 157:725–735.
- Frontalini, F.; Semprucci, F.; Coccioni, R.; Balsamo, M.; Bittoni, P.; Covazzi-Harriague, A. 2011. On the quantitative distribution and community structure of the meio and macrofaunal communities in the coastal area of the Central Adriatic Sea (Italy). *Environ. Monit. Assess.* 180 (1-4), 325–344.
- Galeron, J.; Sibuet, M.; Vanreusel, A.; Mackenzie, K.; Gooday, A. J.; Dinert, A.; Wolff, G. A. 2001. Temporal patterns among meiofauna and macrofauna taxa related to changes in sediment geochemistry at an abyssal NE Atlantic site. *Progress in Oceanography*, v.50, p.303-324.
- Giere, O. 2009. *Meiobenthology: The microscopic motile fauna of aquatic sediments.* – Springer-Verlag, Berlin, 2nd ed.
- Gobin, J. F.; Warwick, R. M. 2006. Geographical variation in species diversity: A comparison of marine polychaetes and nematodes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 330 234–244.
- Gutiérrez, J. L.; Jones, C. G.; Byers, J. E.; Arkema, K. K.; Berkenbusch, K.; Commito, J. A.; Duarte, C. M.; Hacker, S. D.; Lambrinos, J. G.; Hendriks, I. E.; Hogarth, P. J.; Palomo, M. G.; Wild, C. 2011. Physical ecosystem engineers and the functioning of estuaries and

- coasts. In: Wolanski E, McLusky DS (eds) *Treatise on estuarine and coastal science*. Waltham: Academic 7:53–81.
- Gyedu-Ababio, T. K.; Baird, D. 2006. Response of meiofauna and nematode communities to increased levels of contaminants in a laboratory microcosm experiment. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 63 (3), 443–450.
- Hale, R.; Calosi, P.; McNeill, L.; Mieszkowska, N.; Widdicombe, S. 2011. Predicted levels of future ocean acidification and temperature rise could alter community structure and biodiversity in marine benthic communities. *Oikos* 120:661–674.
- Hall-Spencer, J. M.; Rodolfo-Metalpa, R.; Martin, S.; Ransome, E.; Fine, M.; Turner, S. M.; Rowley, S. J.; Tedesco, D.; Buia, M. C. 2008. Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification. *Nature* 454:96–99.
- Harley, C. D. G.; Hughes, A. R.; Hultgren, K. M.; Miner, B. G.; Sorte, C. J. B.; Thornber, C. S.; Rodriguez, L. F.; Tomanek, L.; Williams, S. L. 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. – *Ecol. Lett.* 9: 228 – 241.
- Heip, C.; Vincx, M.; Smol, N.; Vranken, G. 1982. The systematic and ecology of free-living marine nematodes. *Helminthological Abstracts, Series B*, V. 51, p. 1-31.
- Heip, C.; Vincx, M.; Vranken, G. 1985. The ecology of marine Nematoda. *Oceanogr. Mar. Biol.: Annu. Rev.* 23, 399–489.
- Hoegh-Guldberg, O.; Mumby, P. J.; Hooten, A. J.; Steneck, R. S.; Greenfield, P.; Gomez, E.; Harvell C. D.; Sale, P. F.; Edwards, A. J.; Caldeira, K.; Knowlton, N.; Eakin, C. M.; Iglesias-Prieto, R.; Muthiga, N.; Bradbury, R. H.; Dubi, A.; Hatziolos, M. E. 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318:1737–1742.
- Ingels, J.; Dashfield, S. L.; Somerfield, P. J.; Widdicombe, S.; Austen, M. C. 2014. Interactions between multiple large macrofauna species and nematode communities — mechanisms for indirect impacts of trawling disturbance. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 456, 41–49.
- IPCC. 2007. Climate change 2007: the physical science basis. In *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate*

- Change (eds S Solomon, D Qin, M Manning, Z Chen, M Marquis, KB Averyt, M Tignor, HL Miller). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York, NY, USA.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York, NY, USA.
- Ishida, H.; Watanabe, Y.; Fukuhara, T.; Kaneko, S.; Furusawa, K.; Shirayama, Y. 2005. In situ enclosure experiment using a benthic chamber system to assess the effect of high concentration of CO₂ on deep-sea benthic communities. *J Oceanogr* 61:835–843.
- Kelaker, B. P. 2003. Changes in habitat complexity negatively affect diverse gastropod assemblages in coralline algal turf. *Oecologia* 135:431–441.
- Kennedy, A.; Jacoby, C. 1999. Biological indicators of marine environmental health: meiofauna – a neglected benthic component? *Environment and Monitoring Assessment* 54: 47 – 68.
- Kleypas, J. A.; Yates, K. K. 2009. Coral reefs and ocean acidification. *Oceanography* 22:108–117.
- Kramer, M. J.; Bellwood, O.; Bellwood, D. R. 2013. The trophic importance of algal turfs for coral reef fishes: the crustacean link. *Coral Reefs* 32:575–583.
- Kroeker, K. J.; Micheli, F.; Gambi, M. C.; Martz, T. R. 2011. Divergent ecosystem responses within a benthic marine community to ocean acidification. *Proc Natl Acad Sci USA* 108:14515–14520.
- Kurihara, H.; Ishimatsu, A.; Shirayama, Y. 2007. Effects of elevated seawater CO₂ concentration on the meiofauna. *J Mar Sci Technol Special Issue*:17–22.
- Leão, Z. M. A. N.; Dominguez, J. M. L. 2000. Tropical coast of Brazil. *Mar Pollut Bull* 41:112–122.

- Leão, Z. M. A. N.; Kikuchi, R. K. P. 2005. A relic coral fauna threatened by global changes and human activities, Eastern Brazil. – *Mar. Pollut. Bull.* 51: 599 – 611.
- McArdle, B. H.; Anderson, M. J. 2001. Fitting multivariate models to community data: a comment on distance based redundancy analysis. *Ecology* 82:290–297.
- Maida, M.; Ferreira, B. P. 1997. Coral reefs of Brazil: an overview. *Proc 8th Int Coral Reef Symp* 1:263–274.
- Matias, M. G.; Underwood, A. J.; Coleman, R. A. 2007. Interactions of components of habitat alter composition and variability of assemblages. *J Anim Ecol* 76:986–994.
- Meadows, A. S.; Ingels, J.; Widdicombe, S.; Hale, R.; Rundle, S. D. 2015. Effects of elevated CO₂ and temperature on an intertidal meiobenthic community. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 469:44–56.
- Medeiros, L. R. A. 1989. Conhecimento sobre meiobentos no Brasil e relato de um caso da Costa Sudeste-Sul. *ACIESP, São Paulo*, v. 1, n 54, p 348-371, 1989.
- Medeiros, L. R. A. 1998. Nematofauna de Praia Arenosa da Ilha Anchieta, São Paulo: 1. Estrutura trófica. *Anais do IV Simpósio Brasileiro de Ecossistemas, Águas de Lindóia*, v 2, p. 166-178.
- Mirto, S.; La Rosa, T.; Gambi, C.; Danovaro, R.; Mazzola, A. 2002. Nematode community response to fish-farm impact in the western Mediterranean. *Environ. Pollut.* 116, 203–214
- Mirto, S.; Danovaro, R. 2004. Meiofaunal colonisation on artificial substrates: a tool for biomonitoring the environmental quality on coastal marine systems. *Mar Pollut Bull* 48:919–926.
- Moens, T.; Vincx, M. 1997. Observations on the feeding ecology of estuarine nematodes. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 77, 211–227.
- Moreno, M.; Semprucci, F.; Vezzulli, L.; Balsamo, M.; Fabiano, M.; Albertelli, G. 2011. The use of nematodes in assessing ecological quality status in the Mediterranean coastal ecosystems. *Ecol. Ind.* 11, 328–336.
- Odum, E. P. 1984. The mesocosm. *Bioscience* 34:558.

- Plano emergencial de uso público, Prefeitura de Porto Seguro-BA, Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Porto Seguro, 2011.
- Platt, H. M.; Warwick, R. M. 1980. The significance of free-living nematodes to the littoral ecosystem. *Systematics Association Special*, v. 17, p. 729-759, 1980.
- Platt, H. M.; Warwick, R. M. 1983. Free living Marine Nematodes. Part I. British Enoplids. Cambridge University Press. 307 p.
- Raes, M.; De Troch, M.; Ndaro, S. G. M.; Muthumbi, A.; Guilini, K.; Vanreusel, A. 2007. The structuring role of microhabitat type in coral degradation zones: a case study with marine nematodes from Kenya and Zanzibar. *Coral Reefs* 26, 113-126.
- Rhein, M.; Rintoul, S. R.; Aoki, S.; Campos, E.; Chambers, D.; Feely, R. A.; Gulev, S.; Johnson, G.C.; Josey, S. A.; Kostianoy, A.; Mauritzen, C.; Roemmich, D.; Talley, L. D.; Wang, F. 2013. Observations: Ocean. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Roberts, C. M.; McClean, C. J.; Veron, J. E. N.; Hawkins, J. P.; Allen, G. R.; McAllister, D. E.; Mittermeier, C. G.; Schueler, F. W.; Spalding, M.; Wells, F.; Vynne, C.; Werner, T. B. 2002. Marine biodiversity hotspots and conservation priorities for tropical reefs. *Science* 295:1280–1284.
- Romeyn, K.; Bouwman, L. A. 1983. Food selection and consumption by estuarine nematodes. *Hydrobiological Bulletin* 17(2): 103-109.
- Sabine, C. L.; Feely, R. A.; Gruber, N.; Key, R. M.; Lee, K.; Bullister, J. L.; Wanninkhof, R.; Wong, C. S.; Wallace, D. W. R.; Tilbrook, B.; Millero, F. J.; Peng, T. H.; Kozyr, A.; Ono, T.; Rios, A. F. 2004. The oceanic sink for anthropogenic CO₂. *Science* 305:367–371.
- Sarmiento, V. C.; Souza, T. P.; Esteves, A. M.; Santos, P. J. P. 2015. Effects of seawater acidification on a coral reef Meiofauna community. *Coral Reefs* 015-1299-6.

- Schratzberger, M.; Gee, J. M.; Rees, H. L.; Boyd, S. E.; Wall, C. M. 2000. The structure and taxonomic composition of sublittoral meiofauna assemblages as an indicator of the status of the marine environment. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 80, 969–980.
- Schratzberger, M.; Bolam, S. G.; Whomersley, P.; Warr, K.; Rees, H. L. 2004a. Development of a meiobenthic nematode community following the intertidal placement of various types of sediment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 303, 79–96.
- Schratzberger, M.; Whomersley, P.; Warr, K.; Bolam, S. G.; Rees, H. L. 2004b. Colonisation of various types of sediment by estuarine nematodes via lateral infaunal migration: a laboratory study. *Mar. Biol.* 145 (1), 69–78.
- Semprucci, F.; Colantoni, P.; Sbrocca, C.; Baldelli, G.; Balsamo, M. 2014. Spatial patterns of distribution of meiofaunal and nematode assemblages in the Huvadhoo lagoon (Maldives, Indian Ocean). *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 94 (7), 1377–1385.
- Stewart, R. I. A.; Dossena, M.; Bohan, D. A.; Jeppesen, E.; Kordas, R. L.; Ledger, M. E.; Meerhoff, M.; Moss, B.; Mulder, C.; Shurin, J.; Suttle, B.; Thompson, R.; Trimmer, M.; Woodward, G.; . 2013. Mesocosm experiments as a tool for ecological climate-change research. *Adv. Ecol. Res.* 48:71–181.
- Sung, C. G.; Kim, T. W.; Park, Y. G.; Kang, S. G.; Inaba, K.; Shiba, K.; Choi, T. S.; Moon, S. D.; Litvin, S.; Lee, K. T.; Lee, J. S. 2014. Species and gamete-specific fertilization success of two sea urchins under near future levels of pCO₂. *J Mar Syst* 137:67–73.
- Takeuchi, K.; Fujioka, Y.; Kawasaki, Y.; Shirayama, Y. 1997. Impacts of high concentration of CO₂ on marine organisms; a modification of CO₂ ocean sequestration. *Energy Convers Manag* 38:337–341.
- Tietjen, J. H. 1991. Ecology of free-living nematodes from the continental shelf of the Central Great Barrier Reef Province. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 32, 421–438.
- Van Hooidonk, R.; Maynard, J. A.; Manzello, D.; Planes, S. 2014. Opposite latitudinal gradients in projected ocean acidification and bleaching impacts on coral reefs. *Glob Chang Biol* 20:103–112.

- Venekey, V.; Fonseca-Genevois, V. G.; Santos, P. J. P. 2010. Biodiversity of free-living marine nematodes on the coast of Brazil: a review. *Zootaxa*. 2568: 39-66.
- Warwick, R. M.; Platt, H. M.; Sommerfield, P. J. 1998. Free-living Marine Nematodes Part III – Monhysterids. *Synopses of the British Fauna (New Series)* Eds: Doris M. Kermack e R.S.K. Barnes. 53, 296p.
- Warwick, R. M. 1977. The structure and seasonal fluctuations of phytal marine nematode associations on the Isles of Sicily. In: Keegan, B.F., Ceidigh, P.O., Booden, P.J.S. (Eds.). *Biology of Benthic Organisms. Proc. 11th European Marine Biology Symposium*. Pergamon, Oxford, 557– 585.
- Widdicombe, S.; Dashfield, S. L.; McNeill, C. L.; Needham, H. R.; Beesley, A.; McEvoy, A.; Øxnevad, S.; Clarke, K. R.; Berge, J. A. 2009. Effects of CO₂ induced seawater acidification on infaunal diversity and sediment nutrient fluxes. *Mar Ecol Prog Ser* 379:59–75.
- Widdicombe, S.; Dupont, S.; Thorndyke, M. 2010. Experimental design of perturbation experiments. Laboratory experiments and benthic mesocosm studies. Pp. 113–122 in U. Riebesell, et al., eds. *Guide to best practices for ocean acidification research and data reporting*. Publication Office of the European Union, Luxemburg.
- Wieser, W. 1953. Die Beziehung zwischen Mundhoehलगstalt, Ernaehrungsweise und Vorkommen bei frelebenden marinen Nematoden. Eine oekologisch – morphologische studie. *Arkive Zoologische*, ser. II, 4. p.439-484.
- Wood, H. L. Spicer, J. I.; Kendall, M. A.; Lowe, D. M.; Widdicombe, S. 2011. Ocean warming and acidification; implications for the Arctic brittlestar *Ophiocten sericeum*. *Polar Biology* 34: 1033 – 1044.

APÊNDICE A – LISTA DE GÊNEROS COLETADOS NAS UNIDADES ARTIFICIAIS DE SUBSTRATO (UAS) DO PARQUE MUNICIPAL MARINHO DO RECIFE DE FORA – PMMRF, PORTO SEGURO, BAHIA, NORDESTE DO BRASIL.

FILO NEMATODA Potts, 1932
CLASSE ENOPLEA Inglis, 1983
SUBCLASSE ENOPLIA Pearse, 1942

ORDEM ENOPLIDA Filipjev, 1929

Subordem Enoplina Chitwood e Chitwood, 1937

Superfamília Enoploidea Dujardin, 1845

Família ENOPLIDAE Dujardin, 1845

Enoplus Durjardin, 1845

Família PHANODERMATIDAE Filipjev, 1927

Phanoderma Bastian, 1865

Família ANTICOMIDAE Filipjev, 1918

Cephalanticoma Platonova, 1976

Odontanticoma Platonova, 1976

Paranticoma Micoletzky, 1930

Subordem Oncholaimina De Coninck, 1965

Superfamília Oncholaimoidea Filipjev, 1916

Família ONCHOLAIMIDAE Filipjev, 1916

Viscosia De Man, 1890

Oncholaimus Dujardin, 1845

Família ENCHELIDIIDAE Filipjev, 1918

Calyptonema Marion, 1870

Eurystomina Filipjev, 1921

Symplocostoma Bastian, 1865

Subordem Ironina Siddiqi, 1983

Superfamília Ironoidea De Man, 1876

Família IRONIDAE De Man, 1876

Syringolaimus De Man, 1888

Família OXYSTOMINIDAE Chitwood, 1935

Halalaimus De Man, 1888

Subordem Tripyloidina De Coninck, 1965

Superfamília Tripyloidoidea Filipjev, 1928

Família TRIPYLOIDIDAE Filipjev, 1928

Tripyloides De Man, 1888

CLASSE CHROMADOREA

ORDEM CHROMADORIDA Chitwood, 1933

Subordem Chromadorina Filipjev, 1929

Superfamília Chromadoroidea Filipjev, 1917

Família CHROMADORIDAE Filipjev, 1917

Actinonema Cobb, 1920

Chromadora Bastian, 1865

Chromadorita Filipjev, 1922

Euchromadora De Man, 1886

Hypodontolaimus De Man, 1886

Neochromadora Filipjev, 1918

Parapinnanema Inglis, 1969

Ptycholaimellus Cobb, 1920

Spilophorella Filipjev, 1917

Família CYATHOLAIMIDAE Filipjev, 1918

Acanthonchus Cobb, 1920

Marylynnia Hopper, 1977

Paracanthonchus Micoletzky, 1922

Família SELACHNEMATIDAE Cobb, 1915

Halichoanolaimus De Man, 1886

ORDEM DESMODORIDA De Coninck, 1965

Subordem Desmodorina De Coninck, 1965

Superfamília Desmodoroidea Filipjev, 1922

Família DESMODORIDAE Filipjev, 1922

Acanthopharynx Marion, 1870

Bolbonema Cobb, 1920

Croconema Cobb, 1920

Chromaspirinia Filipjev, 1918

Desmodora De Man, 1889

Onyx Cobb, 1891

Família APONCHIIDAE Gerlach, 1963

Synonema Cobb, 1920

Família EPSILONEMATIDAE Steiner, 1927

Epsilonema Steiner, 1927

Família DRACONEMATIDAE Filipjev, 1918

Draconema Cobb, 1913

Paradraconema Allen e Noffsinger, 1978

Superfamília Microlaimoidea Filipjev, 1922

Família MICROLAIMIDAE Micoletzky, 1922

Microlaimus De Man, 1880

Spirobolbolaimus Soetaert & Vincx, 1988

ORDEM DESMOSCOLECIDA Filipjev, 1929

Superfamília Desmoscolecoidea Shipley, 1896

Família DESMOSCOLECIDAE Shipley, 1896

Desmoscolex Claparède, 1863

ORDEM MONHYSTERIDA Filipjev, 1929

Subordem Monhysterina De Coninck e Schuurmans Stekhoven, 1933

Superfamília Monhysteroidea De Man, 1876

Família MONHYSTERIDAE Chitwood, 1951

Thalassomonhystera Jacobs, 1987

Família XYALIDAE Chitwood, 1951

Daptonema Cobb, 1920

Elzalia Gerlach, 1957

Paramonohystera Steiner, 1916

Prorhynchonema Gourbault, 1982

Rhynconema Cobb, 1920

Steineria Micoletzky, 1922

Theristus Bastian, 1865

Subordem Linhomoeina Andrassy, 1974

Superfamília Siphonolaimoidea Filipjev, 1918

Família LINHOMOEIDAE Filipjev, 1922

Desmolaimus De Man, 1880

Linhomoeus Bastian, 1865

Metalinhomoeus De Man, 1907

Paralinhomoeus De Man, 1907

ORDEM ARAEOLAIMIDA De Coninck e Schuurmans Stekhoven, 1933

Superfamília Axonolaimoidea Filipjev, 1918

Família AXONOLAIMIDAE Filipjev, 1918

Parodontophora Timm, 1963

Família COMESOMATIDAE Filipjev, 1918

Sabatieria Rouville, 1903

Família DIPLOPELTIDAE Filipjev, 1918

Araeolaimus de Man, 1888

Diplopeltis Cobb in Stiles & Hassal, 1905

Diplopeltula Gerlach, 1950

Southerniella Allgén, 1932

ORDEM PLECTIDA Malakhov, 1982

Superfamília Leptolaimoidea Örley, 1880

Família LEPTOLAIMIDAE Örley, 1880

Halaphonolaimus Southern, 1914

Onchium Cobb, 1920

Família AEGIALOALAIMIDAE Lorenzen, 1981

Aegialoalaimus De Man, 1907